

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Série U, n° 2

Les Eaux d'Alimentation de Châteauroux

Étude Chimique et Bactériologique

THÈSE

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE

Docteur de l'Université de Paris
(PHARMACIE)

Présentée et soutenue le 23 Décembre 1937

PAR

André LESCAROUX

Pharmacien

Sérologiste diplômé de l'Université de Paris

JURY { MM. R. DELABY, *Président.*
R. CHARONNAT, *Maître de Conférences.*
M.-M. JANOT, *Maître de Conférences.*

CHATEAUROUX

IMPRIMERIE G. LANGLOIS

1937



ERRATA

PAGE 178

Tableau Source Boiry, 1^{re} colonne, 2^e ligne : Extrait Sulfaté. 4^e colonne, Septembre 1935 : lire 364, au lieu de 304.

PAGE 53

22^e ligne : les sables, argiles et arkoses sidérolithiques m_{IIIbc} et non m^{mbc}

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Série U, n° 2

Les Eaux d'Alimentation de Châteauroux

Étude Chimique et Bactériologique

THÈSE

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE

Docteur de l'Université de Paris
(PHARMACIE)

Présentée et soutenue le 23 Décembre 1937

PAR

André LESCAROUX

Pharmacien

Sérologiste diplômé de l'Université de Paris

JURY { MM. R. DELABY, *Président.*
R. CHARONNAT, *Maître de Conférences.*
M.-M. JANOT, *Maître de Conférences.*

CHATEAUROUX

IMPRIMERIE G. LANGLOIS

1937

Personnel de la Faculté de Pharmacie de Paris

ADMINISTRATION

MM. GUÉRIN, *Doyen*, O, *, Q I.
P. LEBEAU, *Assesseur*, O, *, Q I. Membre de l'Institut.
P. DESPORT, *Secrétaire*, *, Q I.

PROFESSEURS

MM. GUÉRIN, O, *, Q I.	Botanique générale
LEBEAU O, *, Q I Membre de l'Institut.	Pharmacie chimique.
GORIS, O, *, Q I.	Pharmacie galénique.
DAMIENS, *, Q I.	Chimie minérale.
HERISSEY, O, *, Q I.	Chimie biologique.
SOMMELET, *, Q I.	Chimie organique.
LUTZ, *, Q I.	Cryptogamie et Microbiologie
FABRE, *, Q I.	Toxicologie.
LAUNOY, O, *, Q I.	Zoologie.
DELABY, *, Q I.	Chimie analytique.
PICON, Q I.	Physique.
MASCRÉ, Q I.	Histoire naturelle des médicaments simples d'origine végétale.

Doyen honoraire : M. RADAIS, O, *, Q I.

Professeurs honoraires :

MM. BÉHAL, G. O, *, Q I. et DELÉPINE, O, *, Q I., membre de l'Institut,
GUÉRBET, *, Q I. PERROT, C. *, Q I., COUTIÈRE, O, *, Q I.,
BOUGAULT, O, *, Q I. et TASSILLY, O, *, Q I.

MAITRES DE CONFÉRENCES

MM. BACH, Q I.	Microbiologie.
FLEURY, Q I.	Hydrologie et Hygiène.
BEDEL, Q I.	Minéralogie et Législation et Déontologie pharmaceutiques.
RÉGNIER, Q I.	Parasitologie.
CHARONNAT Q I.	Chimie et Pharmacie Chimique,
JANOT.	Pharmacie galénique et biologie végétale.

CHEFS DES TRAVAUX PRATIQUES

MM. X. . Travaux pratiques de 1 ^{re} année. . .	Chimie générale et pharmaceutique.
X. . Travaux pratiques de 2 ^e et 3 ^e année.	Chimie analytique.
X.	Micrographie.
X.	Physique.
DEVAL, *, Q I.	Microbiologie.

Bibliothécaire en Chef : M. GARNIER, Q A.



A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A MON PÈRE

A MA FEMME

A MONSIEUR RAYMOND DELABY
Professeur à la Faculté de Pharmacie
Secrétaire général de la Société Chimique de France.

*En témoignage de ma profonde et respectueuse
reconnaissance.*

A MONSIEUR RAYMOND CHARONNAT
Maître de Conférences à la Faculté de Pharmacie
Pharmacien des Hôpitaux de Paris

A MONSIEUR MAURICE-MARIE JANOT
Maître de Conférences à la Faculté de Pharmacie.

Hommage respectueux et reconnaissant.

INTRODUCTION

S'il est, dans l'administration d'une ville, un problème aux incidences redoutables, c'est bien celui de l'alimentation en eau potable. Point n'est besoin de souligner ici le caractère indispensable d'une distribution abondante et parfaite ni les effrayants dangers de l'eau, véhicule contagieux.

C'est l'honneur des Municipalités de Châteauroux, depuis un siècle, de s'être attachées à cette question primordiale et d'avoir, chacune, ou presque, apporté sa pierre à l'édifice en perpétuel devenir d'un Service des Eaux.

Efforts acharnés, tenaces, qui ne se découragèrent pas devant les incidents imprévus, les difficultés techniques, les réclamations justifiées ou non, efforts qui commandent le respect, certes, mais qui, il faut bien le reconnaître, n'ont pas toujours été couronnés d'un succès absolu.

On en peut juger par les projets et essais qui, aujourd'hui comme naguère, retiennent l'attention de la Municipalité et des Techniciens chargés du Service.

Nous avons pensé que notre contribution, si modeste fût-elle, ne serait pas superflue dans un tel faisceau d'activités. Et nous avons entrepris cette étude historique, géologique, chimique et bactériologique des eaux de Châteauroux.

Sans doute, peut-on retrouver dans les Archives, d'assez nombreuses analyses de ces eaux. Mais la plupart sont assez sommaires, dirigées qu'elles étaient vers les seuls éléments d'appréciation de la potabilité. Les plus complètes, comme celles de Saintour et Dansard (1842), de l'Ecole des Mines (1859) remontent assez loin pour qu'il soit permis de penser que la composition des eaux a pu être modifiée sous diverses influences. D'autre part, les progrès des techniques analytiques justifient l'utilité d'examen plus récents. De plus, la plupart des analyses antérieures à notre travail ont porté uniquement sur les sources actuellement utilisées pour l'alimentation de la ville : la fontaine *Boiry* et celle des *Religieuses*.

Nous avons cru bon, au contraire, d'ajouter à l'étude de ces deux fontaines, celle de deux autres sources, susceptibles d'être captées dans un avenir plus ou moins proche : les sources du *Montet* et de *Fonts*.

Les eaux de l'*Indre* ont également retenu notre attention : n'a-t-on pas prétendu que certaines sources de Châteauroux n'étaient qu'une résurgence de cette rivière ?

Enfin, toutes les recherches retrouvées dans les Archives se sont bornées à la détermination d'éléments plus ou moins nombreux sur l'eau d'un unique prélèvement. Une seule, émanant de MM. Alla et Péron (1912), a suivi pendant un an les variations de quelques éléments appartenant à cinq sources. Il nous paraît difficile de tirer une conclusion des seuls résultats d'un examen unique, comme s'il nous était possible de fixer sur une seule journée, celle du prélèvement, les modalités complexes des conditions atmosphériques. Nous avons donc, pendant une année, répété nos examens, mois par mois, afin de déterminer pour chacune des quatre sources, les écarts des éléments principaux, en coordonnant, autant que possible, ces écarts avec les variations des conditions atmosphériques, et, en particulier, des chutes météoriques.

Nos examens ont porté à la fois sur la composition chimique et la qualité bactériologique des eaux. Les deux genres de déterminations sont indispensables pour pouvoir tirer des résultats une conclusion rationnelle.

Une étude des eaux ne saurait se concevoir sans un corollaire géologique concernant les terrains traversés par ces eaux, en surface et en profondeur, avant de venir émerger sous forme de sources.

Nous avons consacré une large place à l'exposé hydro-géologique et nous avons cru nécessaire de l'étendre aux limites du département.

Si l'on ajoute à ces divers points d'étude l'histoire de la question de l'Eau à Châteauroux, on aura le plan général de notre travail, que nous avons divisé ainsi :

CHAPITRE PREMIER. — Châteauroux

Situation géographique et hydrographique.....	1
Les sources de la ville	4

CHAPITRE II

A. Historique de l'alimentation en eau potable de la ville de Châteauroux.....	10
B. Fonctionnement actuel du Service des Eaux.....	36

CHAPITRE III

<i>Étude hydrogéologique</i>	44
A. Le Département de l'Indre : Formation géologique.....	45
Hydrogéologie.....	58
B. La région de Châteauroux	60
C. Les sources.....	67

CHAPITRE IV

<i>Analyses antérieures</i>	74
A. Chimiques.....	74
B. Bactériologiques.....	90

CHAPITRE V

<i>Techniques utilisées pour l'analyse chimique</i>	105
Description. Vérifications	105

CHAPITRE VI

<i>Étude de la minéralisation</i>	151
A. Technique et lieux de prélèvement.....	151
B. Résultats	157
C. Vérifications par le calcul.....	163
D. Conclusions	171

CHAPITRE VII

<i>Étude des variations mensuelles des principaux ions et des rapports</i>	173
A. Résultats et courbes.....	176
B. Conclusions.	182

CHAPITRE VIII

<i>Analyse des eaux de l'Indre</i>	184
A. Lieux de prélèvement.....	185
B. Résultats.....	186
C. Conclusions.....	188

CHAPITRE IX

<i>Examen bactériologique</i>	189
A. Méthodes utilisées.....	189
B. Résultats.....	196
C. Conclusions.....	197
<i>Conclusions générales</i>	198

Avant d'aborder le sujet de cette étude, je tiens à assurer M. le professeur R. DELABY de ma profonde et respectueuse reconnaissance pour la constante bienveillance avec laquelle il a dirigé mes efforts et pour les précieux conseils qu'il m'a toujours prodigués. Qu'il me permette de lui exprimer ici, avec toute ma gratitude, mon respectueux attachement.

Je remercie M. R. CHARONNAT, maître de Conférences, de l'intérêt qu'il a bien voulu témoigner à mes travaux, et le prie de croire à mes sentiments dévoués et reconnaissants.

A MM. les Maîtres de Conférences R. CHARONNAT et M.-M. JANOT, j'adresse mes vifs remerciements pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'être membres de mon jury.

Ce n'est pas sans appréhension que je me prépare à soutenir cette thèse devant un tel jury d'hydrologues. Je mets cependant ma confiance et mon espoir dans sa bienveillante indulgence.

M. Paul MÉTADIER m'a largement ouvert les portes de son laboratoire : je le prie d'accepter l'expression de ma respectueuse gratitude.

A ce laboratoire, M. le professeur suppléant R. DENIS m'a accueilli avec son amabilité coutumière ; je l'assure de ma très amicale reconnaissance.

J'adresse mes respectueux remerciements à M. DESCHIZEAUX, député-maire de Châteauroux, qui a bien voulu me donner toutes les autorisations nécessaires pour effectuer les prélèvements et compulser à loisir les dossiers des Archives municipales.

M. THIBAUT, ingénieur des T. P. E., et M. MAZAUD, secrétaire général de la Mairie de Châteauroux, m'ont bien souvent apporté une aide efficace et autorisée ; je veux leur exprimer ici mes remerciements et mes sentiments de profonde sympathie.

CHAPITRE PREMIER

CHATEAUROUX

Situation géographique et hydrographique Les sources de la ville

Remarquablement située presque au centre géométrique du département qui emprunte son nom à la rivière qui le parcourt sur une longueur de 130 kilomètres, traversée par la ligne et par la route de Paris à Toulouse, Châteauroux tapit ses maisons basses au creux de la vallée de l'Indre ou les égrène le long de ces deux grandes voies de communication.

Au Sud, le Boischaut arrondit ses collines harmonieuses, blottit dans la verdure ses vallons ombragés, expose à la caresse du soleil ses coteaux plantés de vignes. Ses champs et ses pâturages sont parfois entourés de haies touffues où le feuillage des ormes, lorsqu'on les regarde, en été, du haut d'une colline, frissonne comme le dôme d'une forêt d'un vert sombre : c'est la Vallée Noire chantée par George Sand, et qui n'est qu'une partie de cette région naturelle, celle située particulièrement dans l'arrondissement de La Châtre.

Le Boischaut, pays pittoresque, est abondamment arrosé par l'Indre et la Creuse et leurs affluents : Igneray, Vauvre, pour l'Indre ; Bouzanne, Anglin, Portefeuille, pour la Creuse.

A l'Ouest et Sud-Ouest, la Brenne, entre les vallées de l'Indre et de la Creuse, oppose, à la fraîcheur du Boischaut, son aridité marécageuse. Son sol argileux, imperméable, est plat,

mais sillonné de buttes ou « butons », vestiges, selon la légende, du passage de Gargantua qui se débarrassa çà et là, au cours d'un de ses voyages, de la boue accrochée à ses bottes. Ce sont « les dépattures de Gargantua ».

Grâce à ce vallonnement d'un sol imperméable, de nombreux étangs se sont formés, caractéristiques de la Brenne. Beaucoup ont été asséchés et mis en culture, travail qui a grandement amélioré la salubrité de la région. Mais la Brenne compte encore 450 étangs, d'une superficie totale de 6.000 hectares.

A l'Ouest et Nord-Ouest, c'est la Touraine de l'Indre, région largement arrosée également, aux vastes plateaux boisés, vestibule du fameux « Jardin de la France ».

Rivières et petits cours d'eaux y flânent en de gracieux méandres.

Au Nord et à l'Est, enfin, monotone, sans arbres, sans fraîcheur, la Champagne berrichonne étale sa vaste plaine, aux grandes fermes isolées, à l'abri de leurs meules de paille. Le soleil, en été, y dore les épis à perte de vue. En automne, les chaumes sont lentement parcourus par les troupeaux bêlants des moutons berrichons.

Dans cette grande étendue calcaire, fissurée, les ruisseaux sont rares. L'eau s'infiltre et forme des rivières souterraines. De loin en loin le terrain s'est affaissé au-dessus de ces rivières, creusant de larges entonnoirs ; ce sont les mardelles, analogues aux « bétoires » de Normandie, aux « cloups » du Lot.

Cette description sommaire permet de se rendre compte que si, comme l'a dit Gabriel Nigond, le Chantre du pays berrichon, dans ses *Contes de la Limousine* :

« Not' pays fait pas d'embarras »

« Y'a ni grands fleuv's ni grand's montagnes »

les aspects en sont cependant variés et souvent pittoresques.

Le réseau hydrographique est copieux et divers. Rivières et ruisseaux du Boischaut et de la Touraine, étangs de la

Brenne, rivières souterraines de la Champagne, tels sont les aspects différents que prend, en notre pays, l'eau des chutes météoriques.

C'est par la vallée de l'Indre que le Boischaut communique avec la Touraine ; c'est cette même vallée qui sépare la Champagne de la Brenne. Et c'est là, dans cette vallée, au point de rencontre en quelque sorte des trois grandes régions naturelles de son département, que le chef-lieu, Châteauroux, groupe ses 28.578 habitants sur une superficie de 765 hectares.

Cette superficie élevée par rapport au nombre d'habitants, est due au mode de construction de Châteauroux.

Presque toutes les maisons, si l'on excepte quelques édifices nouveaux, sont des maisons basses, à un ou deux étages, maximum. Comme nous le disait un étranger, fixé provisoirement dans la ville et qui avait été frappé de cet aspect bien caractéristique, « il semble que les architectes de ce pays-ci aient eu la hantise des tremblements de terre ». Hantise toute gratuite d'ailleurs, fort heureusement. Mais au point de vue qui nous intéresse, cette remarque n'est pas sans valeur. L'étirement en tous sens de la cité impose, en effet, pour son alimentation en eau, un réseau très long de conduites, dont la longueur même est un obstacle à la pression. Et cela d'autant plus que le pays ne présente que des ondulations peu élevées.

La vallée de l'Indre est à la cote 140. Elle est dominée au Nord, en Champagne, par une série de hauteurs dont le point culminant est la butte de Brion, à la cote 233. Au Sud, les ondulations couvertes par la forêt de Châteauroux ont leur point le plus élevé à la cote 185. Les deux réservoirs qui, jusqu'en 1936, alimentaient seuls la ville, sont à la cote 158. Le plan d'eau est arasé à la cote 172. Deux nouveaux réservoirs ont été construits à la cote 157.

Le climat de Châteauroux subit, malgré la distance (160 kilomètres de La Rochelle), l'influence de l'Océan. C'est un climat maritime, doux et tempéré.

Les vents dominants sont les vents d'Ouest et Sud-Ouest. Ils amènent la pluie. Les vents du Nord et du Nord-Est sont, au contraire, froids et secs.

Les pluies sont assez fréquentes. Les précipitations pour l'année où nous avons fait les prélèvements, de juillet 1935 à juin 1936, sont de 945 m/m , 4.

Elles furent de :

888 m/m , 4 en 1925	790 m/m , 6 en 1931
720 m/m , 3 en 1926	792 m/m , 9 en 1932
961 m/m , 3 en 1927	723 m/m , 1 en 1933
794 m/m en 1928	636 m/m en 1934
594 m/m , 2 en 1929	1.017 m/m , 3 en 1935
1.034 m/m en 1930	

La moyenne de la France est de l'ordre de 775 m/m .

Cette ville, où la question de l'eau a fait l'objet de tant de débats, de tant de rapports et de tant de projets, est donc largement arrosée. Au reste, elle est également bien pourvue en sources, soit autour, soit à l'intérieur même de ses murs.

Les sources :

Du Nord au Sud, on trouve successivement :

1° Des sources dites « *Casses du Montet* », situées au milieu des prairies marécageuses qui s'étendent sur la rive droite de l'Indre, entre le pont de Bitray et Déols, au Nord-Est de Châteauroux. Réparties dans la prairie, plusieurs « casses » laissent écouler leurs eaux, qui se rassemblent en un ruisseau, dit « ruisseau du Montet » ou « des Bulles ». Celui-ci coule parallèlement à la route nationale n° 151, d'Issoudun, et au pied de la falaise, à 200 mètres de cette route environ. Il rejoint l'Indre au pont de Déols. Son débit, qui totalise presque toutes les eaux des « casses » peut être évalué à 400 litres-seconde.

Le captage des eaux des « casses » à l'émergence semble être

une opération extrêmement délicate. Leur profondeur est inconnue et difficile à déterminer à cause de la masse de détritus qui encombre leur fond. De plus, les abords marécageux se prêtent mal à la construction.

2° *La source du Montet*, qui sort de la falaise jurassique, peu au-dessus du ruisseau du Montet, dont nous venons de parler.

Cette fontaine sourd à 1 km 200 à l'amont du pont de Déols et à 200 mètres environ de la route nationale n° 151 d'Issoudun. Son débit a été évalué à 50 litres/seconde. Son bassin vers le Nord est très peu habité.

Le captage de cette source serait relativement facile, le terrain se prêtant à une opération de ce genre. La traversée de l'Indre ne constituerait pas un obstacle, car le refoulement serait opéré en suivant les routes. L'adduction par gravité ne saurait être envisagée.

3° *La Fontaine du Cloux*. Elle émerge au pied du coteau qui porte la route nationale n° 151 d'Issoudun, sur le territoire de Déols, à 400 mètres au Sud de cette route et à 1.000 mètres environ à l'amont du pont de Déols.

Dès son émergence, la source alimente un lavoir municipal. Son débit n'est pas déterminé, mais il est faible.

4° La source dite « *Fontaine Saint-Germain* », située à la base d'un éperon, face Est, qui s'insère dans une boucle de l'Indre. Elle sourd au-dessous de la rue dite « de la Fontaine-Saint-Germain », tout près de l'Indre, à 250 mètres environ du pont de Déols, vers le Sud.

Elle aussi alimente un lavoir municipal. Son débit, dérivé dès l'émergence, n'a pu être déterminé.

Son captage serait relativement facile, mais l'éperon au pied duquel elle sourd est très habité.

5° A l'Ouest des précédentes, la source dite « *Fontaine Boiry* ». Elle sourd au milieu d'alluvions qui s'étalent sur la rive gauche de l'Indre, à quelques mètres de la rivière, et à 400 mètres à l'Ouest de la route nationale n° 20 de Paris.

Son niveau statique est nettement au-dessus de l'Indre. Par puisage direct, son débit a été trouvé égal à 59 litres/seconde, en maintenant son niveau abaissé de 1 m 50. Normalement, c'est-à-dire sans puisage, son débit est évalué à 36 litres/seconde.

Cette source est utilisée pour l'alimentation de la ville depuis 1899. Les eaux sont amenées par gravité dans le puisard (1) de l'usine élévatoire, au moyen d'une conduite en fonte. Cette conduite est en mauvais état, et les essais de puisage ont eu précisément pour but, entre autres, de déterminer l'intérêt qu'il y aurait à supprimer cette conduite d'amenée et à la remplacer par une conduite de refoulement.

6° *La fontaine du Lycée*, qui sourd auprès du jardin de cet établissement. Elle est en charge sur le niveau du bras de l'Indre qui borde le jardin à l'Ouest. Son débit est évalué à 2 litres/seconde.

7° *La source dite « des Religieuses »*. C'est au pied du coteau qui porte la ville de Châteauroux et sur le versant Nord-Ouest qu'elle sourd.

Son émergence se trouve dans une rue, appelée « Ruelle-Basse » au-dessous de la Gendarmerie, à 200 mètres vers l'Ouest de la route nationale n° 20 de Paris (Avenue de Déols).

Cette source est captée en partie pour les besoins de la ville, au moyen d'un canal en maçonnerie, très ancien et peu étanche. Les eaux aboutissent par gravité au puisard de l'usine élévatoire. Le débit dérivé est évalué à 35 litres/seconde environ.

Le bassin d'alimentation de cette source est couvert par les maisons de Châteauroux. Elle est certainement polluée et la Municipalité a dû installer, à l'usine, des batteries de filtres

(1) Le mot puisard désigne généralement un puits perdu, destiné à recueillir les eaux usées. Ici, et dans tous les rapports ayant trait à l'usine des Eaux, il est pris dans le sens de « réservoir » sans aucune acception péjorative.

et un appareil d'épuration, afin de remédier à cette pollution.

La Ville envisage la suppression de cette source pour l'alimentation et recherche, actuellement, de nouveaux points d'eau.

8° *La source dite « Font-Charles »*. C'est encore au pied du coteau qui supporte la ville et au Nord-Ouest de ce coteau qu'elle émerge. Elle sourd à l'extrémité de la rue « du Gué-aux-Chevaux » au bas de la vieille Abbaye des Cordeliers, à 300 mètres du pont de Saint-Christophe, dit « Pont-de-Fer ».

Dès son émergence, la source alimente des lavoirs privés. Son débit n'a pu être déterminé.

Son captage serait techniquement possible. Mais, pratiquement, l'opération serait coûteuse à cause de l'éviction des usagers. De plus, le résultat serait peu intéressant, car le bassin alimentaire de cette source est couvert par les maisons de Châteauroux.

9° *Les fontaines de Saint-Christophe*. Il s'agit de plusieurs sources qui émergent dans les prairies situées au Nord de l'Indre, sur sa rive droite, entre la rivière et la route nationale n° 143 de Tours.

Le débit de chacune de ces fontaines est faible, mais elles sont nombreuses. Quelques-unes sont captées, depuis longtemps, par les usines Balsan (fabrication de drap).

Il ne paraît pas facile de capter les eaux réunies de ces sources. D'ailleurs, leur bassin d'alimentation est probablement orienté vers le Nord et couvert par les maisons du faubourg Saint-Christophe.

10° *La Fontaine de Fonts (ou Fons, ou Fonds)*.

Elle émerge du versant Nord-Est d'un coteau, en bordure immédiate de la route nationale n° 725 de Châtellerault, à 2 km 300 de la Mairie de Châteauroux, et à l'Ouest Sud-Ouest.

Dès son émergence, les eaux de la source sont recueillies dans un bassin appartenant à un particulier et fermé par

une vanne, à la sortie de laquelle se trouvait autrefois la roue motrice d'un moulin.

Le débit, mesuré sur la vanne qui sert de déversoir, a été trouvé égal à 73 litres/seconde.

Le bassin d'alimentation de cette source paraît orienté vers le Sud-Ouest et provenir de la région Sud-Est de Châteauroux. Il est important et faiblement peuplé. Son altitude maxima (185) est bien supérieure à celle de la ville de Châteauroux (cote maxima 158).

Le captage ne peut se faire à l'émergence, à cause de la route et d'un village qui se trouvent immédiatement au-dessus. La Ville a fait creuser un puits en amont : elle a recueilli des filets d'eau, drainés vers un puisard, dans lequel nous avons effectué nos prélèvements, ainsi qu'il sera précisé plus loin.

Le débit des venues d'eau trouvées par la Ville est d'environ 21 litres-seconde. Il est insuffisant pour les besoins de Châteauroux, mais il est probable que des recherches approfondies permettraient de retrouver le canal souterrain qui alimente la source.

Nous ne pouvions songer à étudier toutes ces sources. Certaines n'offrent d'ailleurs aucun intérêt, soit que leur débit se révèle trop faible, soit que leur bassin d'alimentation présente des certitudes de pollution, soit enfin que leur captage éventuel s'avère techniquement très difficile.

Nous avons donc borné notre étude à quatre d'entre elles :

D'abord les deux fontaines qui alimentent actuellement la ville en eau potable : la fontaine *Boiry* et celle des *Religieuses* ont évidemment retenu notre attention.

Nous avons ensuite dirigé nos efforts sur les sources du *Montet* et de *Fonts*. En effet, toutes les deux ont un débit assez élevé, leur bassin d'alimentation est peu habité, et c'est à elles qu'on a songé, à plusieurs reprises, pour l'alimen-

tation en eau potable de la ville et, en particulier, pour suppléer à la source des *Religieuses*.

Il n'eût pas été, certes, sans intérêt d'étudier les fontaines des « Cassettes » situées à proximité de la source du *Montet*. Mais elles sont placées au milieu d'un terrain marécageux et inaccessible pendant la plus grande partie de l'année. Des prélèvements mensuels étaient donc irréalisables. De plus, il semble bien que leur bassin d'alimentation soit le même que celui de la source du *Montet* et que la composition des eaux de ces deux groupes de sources soit très voisine. Enfin, l'utilisation éventuelle des « Cassettes » serait rendue techniquement difficile, comme nous l'avons vu, par le terrain inconsistant au milieu duquel elles émergent et s'écoulent.

CHAPITRE II

Historique de l'alimentation en eau potable de la ville de Châteauroux (1831-1937)

Nous avons pu recueillir les renseignements indispensables à cette étude historique grâce à la complaisance de M. BAGUET, chef du Bureau d'Hygiène de la Mairie et de MM. les Fonctionnaires des Archives municipales. M. HUBERT, archiviste honoraire, a bien voulu nous faire profiter des ressources inépuisables de son érudition, et M. LIMOUSIN, ingénieur E. C. P., attaché à la Ville, a consacré un temps précieux à nous fournir toutes les explications utiles concernant le fonctionnement du Service des Eaux. Tous, nous les prions de trouver ici l'expression de nos vifs et sincères remerciements.

Le 26 août 1863, la ville de Châteauroux, forte alors de 17.000 habitants, célébrait par des réjouissances populaires, dont une affiche, conservée aux Archives municipales, nous a gardé les pittoresques détails, l'inauguration de la première installation de distribution d'eau.

1831. Rapport Grillon de Villeclair:

Depuis de nombreuses années

déjà, un courant d'opinion s'était fait jour, tendant à doter la ville d'une telle installation. Et, en 1831, le Chevalier GRILLON DE VILLECLAIR, qui fut administrateur de la Com-

mune en l'an VI et maire de Châteauroux en 1815, avait établi un rapport très intéressant sur la question. Nous avons retrouvé ce rapport aux Archives municipales et l'auteur nous semble avoir eu des vues véritablement prophétiques sur les avantages comparés des différentes sources susceptibles d'alimenter l'agglomération. C'est pourquoi il nous paraît intéressant de citer quelques passages de ce texte très documenté et, quelquefois, humoristique.

L'auteur s'étonne de la mauvaise qualité de l'eau consommée par les habitants, alors que de nombreuses sources pourraient être utilisées. « Les plus proches de la ville, écrit-il, sont la *Font-Charles* ou des *Religieuses* et celle des *Corde-liers* ; leurs parcours longent la rue de l'Indre, servant au lavage des laines, pour la tannerie et teinture et le dégorge-ment des draps et tel propriétaire, dont elles arrosent le jar- din ou la cour, n'en peut boire. C'est bien le cas de dire que ces fontaines abreuvent le commerce et non les riverains, qui y suppléent par des puits, mais si peu profonds que les eaux de ces mêmes fontaines, devenues fangeuses non loin de leurs sources, viennent se mêler aux eaux de puits à la moindre crue.

« A l'extrémité du faux bourg Saint-Christophe coule la fontaine dite *gué à Rat*. Elle est assez abondante et se trouve à peu de distance des dernières maisons. Les puits sont si peu profonds dans ce faux bourg, et si multiples, que cinq à six ménages tout au plus se partagent l'eau d'un de ces puits et, comme dans cet endroit, il n'existe pas de latrines, les eaux sont assez pures quoique sentant parfois la vase quand l'Indre déborde ou qu'elles sont troublées par les pluies d'orages.

« On rencontre sur le chemin de la Rochette, entre le bourg de Déols et le village de Saint-Denis, la fontaine dite *Saint-Germain*, dont les eaux « annalisées » par MM. les Médecins passent pour les plus légères des environs.

« Il existe encore une fontaine dans le presbytère de Déols, qu'il serait impossible d'utiliser.

« La fontaine dite du *Montet*, plus loin que les dernières maisons de Déols, est dans la même position que la précédente. On ne cite que, pour mémoire, ces deux dernières fontaines, en ce qu'elles sont séparées des abords de la ville par la rivière de l'Indre. Celle de Saint-Christophe est dans le même cas.

« Enfin, à un très grand quart de lieu de la ville, sur la route de Châteauroux, à la forêt de Saint-Maur, se trouve la fontaine située au village de *Fonds*, et qui porte le même nom. Elle est la plus considérable et fait tourner un moulin à blé. Quoique celle des *Religieuses*, à l'époque où le Couvent existait, en alimentait aussi un. Les eaux de Fonds, après celles de *Saint-Germain*, ont été jugées les plus légères.

« L'avantage le plus réel que l'on tire, en général, de ces différentes fontaines, c'est de pouvoir servir de lavoir quand l'Indre est couverte de glaçons. C'est alors que les ménagères s'y portent en foule et corrompent, par leurs lavages, des eaux si propres à l'alimentation des habitants. »

GRILLON DE VILLECLAIR passe ensuite aux problèmes soulevés par le captage d'une de ces différentes sources. Il s'exprime ainsi :

« Il semblerait, au premier aspect, que les eaux de la *Font-Charles* ou des *Religieuses* seraient les plus faciles à faire venir dans les différents quartiers de la ville pour leur grande proximité, mais si déjà l'on considère sa position, si on pense que les premiers tuyaux de conduite, au lieu de suivre une pente douce et presque insensible, devront être, pour ainsi dire, perpendiculaires ; que ces eaux ne pourront tout au plus s'élever qu'à une hauteur de 40 pieds métriques, qu'à l'aide d'une machine très coûteuse à faire mouvoir telle qu'une pompe à feu ou un manège à chevaux. Car, enfin, il faudra un moteur quelconque, qui nécessitera une construction considérable en maçonnerie, et il faudra construire, indépendamment, sur la place des Cordeliers, un château d'eau d'une assez grande élévation, pour que ce premier réservoir se trouve au moins à dix mètres au-dessus du point

le plus élevé de la ville : voici deux objets qui, seuls, absorberont une somme assez considérable, ce qu'il ne faut pas perdre de vue dans la balance des dépenses ; soit que la Ville de Châteauroux veuille s'en charger, soit qu'une régie intéressée veuille l'entreprendre.

« La fontaine dite des *Cordeliers*, qui prend sa source à côté de la première, nécessiterait d'abord la même dépense, et il faudrait, en outre, indemniser le propriétaire chez lequel elle se trouve ; cependant, l'emploi des deux fontaines est à prendre en considération.

« Il ne faut pas penser à utiliser la fontaine dite *Gué-à-Rat*, à l'extrémité du faux bourg Saint-Christophe. Il n'y a presque pas possibilité d'établir un moteur, elle est au milieu d'un terrain marécageux, mobile et sans fond ; on ne peut rien y asseoir ; d'ailleurs, ses eaux arrivées soit à l'ancien, soit au nouveau pont de Saint-Christophe, il faudrait donc, ou plonger les tuyaux de conduite dans l'Indre, ou les suspendre aux côtés du pont ; ce qui présente des difficultés presque insurmontables et, tout au moins, fort dispendieuses, sans avantage bien réel.

« On peut utiliser, avec beaucoup d'avantages, les eaux de la fontaine *Saint-Germain* qui, déjà, sont reconnues pour les meilleures, en leur faisant prendre la direction du chemin de la Rochette, et en plaçant un réservoir ou château d'eau au carrefour Saint-Jean (Croisement de l'avenue de Déols). Il s'agirait d'abord d'établir, sur le bassin de cette fontaine, une construction d'une très grande élévation qui renfermerait le premier réservoir et, au fond duquel on abaisserait un tuyau perpendiculaire communiquant à ceux de conduite jusqu'au dit carrefour. Un anémotrope ou moulin à vent horizontal, sur le modèle décrit dans les annales des Arts et Manufactures par M. OVEILLY (élèverait l'eau), mais ce moteur pouvant quelquefois être sans action, on y suppléerait à l'aide d'un manège, que mettraient en mouvement des hommes et des animaux. En donnant à la construction une forme d'une élégante simplicité, son aspect, qui frapperait en appro-

chant du pont de Déols, ajouterait au superbe point de vue que l'on découvre de cet endroit et se marierait pittoresquement avec les ruines de Déols. Le voyageur verrait, avec intérêt, ce charmant contraste du « gotique » et du moderne, jetés, comme exprès, sur les deux rives de l'Indre.

« Nous avons ensuite, mais à une plus grande distance, la fontaine du village de Fonds, qui présente un bassin dont la superficie est d'au moins 2.400 mètres carrés et sa profondeur moyenne d'environ 90 centimètres. Nous avons dit que cette fontaine faisait tourner un moulin à blé ; voilà déjà un moteur de trouvé. La construction de ce moulin présente une élévation en maçonnerie de 16 mètres au-dessus de la source, et voilà encore la possibilité trouvée de porter l'eau à cette hauteur ; seulement il faudrait faire de nouvelles constructions intérieures pour la contenir ; mais il resterait à savoir à quelle hauteur ce premier réservoir serait au-dessus du point le plus élevé de la ville. Feu M. CROCHET, architecte voyer de la Ville de Châteauroux, nous a dit avoir fait anciennement le nivellement de cette fontaine, et que sa source était à 44 pieds au-dessus du niveau de la place Saint-André, aujourd'hui place de la Mairie. En face de la Mairie, on établirait un second château d'eau, et le premier serait à l'entrée du faubourg des Marins, indépendamment du réservoir principal établi au moulin. »

L'auteur indique ensuite les différents emplacements à prévoir pour l'établissement des fontaines où les habitants, alors au nombre de 12.000, pourraient venir puiser l'eau. Il termine par une étude de l'administration du Service des Eaux ainsi créé.

GRILLON DE VILLECLAIR conseillait donc le captage de la fontaine *Saint-Germain*, reconnue par la suite d'un débit insuffisant pour les besoins de la ville. Mais il avait entrevu également tout le parti qu'on pourrait tirer de la source de *Fonts*. Plus tard, ses vues ont été remises à l'ordre du jour à plusieurs reprises, et encore récemment.

Tour à tour hygiéniste, physicien, architecte, le Chevalier

GRILLON était même un urbaniste avant la lettre, puisqu'il se préoccupe de « marier pittoresquement avec les ruines de Déols » la construction destinée à abriter le réservoir et l'usine des Eaux.

Quoiqu'il en soit, ses précieuses suggestions ne semblent pas avoir été prises en considération et les habitants de « Château Roux » continuèrent à aller chercher leur eau aux puits publics. Certains, il est vrai, étaient munis de pompes (1) dont l'entretien faisait, chaque année, l'objet d'une adjudication. En 1857, il existait 42 pompes, disposées aux points suivants, d'après le projet d'adjudication retrouvé dans les Archives municipales :

1857. Les pompes.

1. Pompe du Chêne-Vert (quartier Saint-Luc).
2. A l'extrémité de la Promenade de la Pompe.
3. Près Saint-Martial.
4. Près Catel.
5. Saint-Luc.
6. Rue Chevière (rue du Palais-de-Justice) (2).
7. Rue de l'Hospice (rue de la Poste).
8. Bois des Capucins, près le four à chaux (Jardin des Capucins).
9. Bois des Capucins.
10. Chemin de Velles.
11. Au carrefour, à gauche du pont de Cluis.
12. Route de Cluis, près la Maison Chalet.
13. Place du Crucifix (place Patureau-Francœur).
14. Au coin de l'allée des Capucins, près la Croix.

(1) Ces pompes étaient entièrement en bois, corps et levier. Le corps de pompe était carré extérieurement et surmonté d'un chapiteau où se trouvait logé le mécanisme.

(2) Cette rue Chevière était prolongée par la rue Grenouillère : il existait, en effet, un petit étang à l'emplacement actuel du Palais de Justice.

- 15. Rue Bouquerie (rue Nationale).
- 16. Rue de la Vville.
- 17. Faubourg des Marins, en face chez Ducellier.
- 18. Au bout des Marins, en face Doyen.
- 19. Rue du Parc (rue de Metz).
- 20. Rue de la Chaume, supprimée en 1864 et placée rue des Marins.
- 21. Rue Saint-Christophe.
- 22. Rue Grande-Saint-Christophe.
- 23. 24, 25, 26, 27. Abattoir.
- 28. Rue de l'Indre, près M. Godard.
- 29. Dans Saint-Martin, près la maison Jacquemin (quartier de la Préfecture).
- 30. Saint-Martin, en face la typographie (quartier de la Préfecture).
- 31. Rue Porte-Neuve.
- 32. En face la pension Saint-Pierre.
- 33. Près M. Vilvaut.
- 34. Place aux Légumes (place des Halles).
- 35. Même place, en face Dardan.
- 36. Près M. Guimon, au carrefour.
- 37. Rue du Puits (rue Molière).
- 38. Rue du Cygne, près la Vieille Prison (rue Bellier prolongée).
- 39. Près le Théâtre.
- 40. Rue du Pressoir (rue J.-J.-Rousseau), remplacée par celle de la Fontaine-des-Religieuses.
- 41. Rue des Arts.
- 42. Rue Guimon-Latouche.

En 1858, une nouvelle pompe fut placée rue Rabier. En 1860, ce fut le tour de la rue Grande-Saint-Christophe et, en 1864, du Rochat.

Entre temps, en 1852, M. HUBERT, ingénieur, avait communiqué à la Ville un traité sur l'élévation et la distribution de l'eau dans les villes et communes.

**1859. Enquête auprès
des villes voisines.**

L'idée fait son chemin et, en 1859, une longue et minutieuse enquête est faite auprès des villes voisines. On prend donc toutes les précautions pour se mettre à l'abri des erreurs possibles au cours de la mise sur pied, toute nouvelle, d'un réseau urbain de distribution d'eau.

**1860. Projets Bourdaloue
et Fortin-Herrmann.**

Et c'est au grand savant BOURDALOUE, auteur du premier nivellement général de la France, que la Municipalité s'adresse, en 1860, pour faire le nivellement de la ville de Châteauroux, première étape du projet. Ce travail fut exécuté pour la somme de 1.661 fr. 60, y compris la fourniture et la pose de 190 plaques repères.

C'est encore Bourdaloue que l'on charge d'étudier un projet d'adduction d'eau. Il envisageait soit le pompage des eaux de l'Indre, au pont de Déols, soit l'utilisation de la fontaine des *Religieuses*. Mais Bourdaloue avait sans doute trop d'occupations pour prolonger cette étude, et il se borna au projet.

On trouve aussi, dans les Archives, un projet d'adduction daté de 1860 et émanant de la Maison FORTIN-HERRMANN, de Paris.

**1861. Projet Grissot de Passy.
Travaux d'édification
du Service des Eaux.**

L'année 1861 est une date importante dans l'histoire de l'Eau à Châteauroux : pour la première fois, en effet, est réalisé un projet complet d'adduction, celui-là même d'ailleurs qui fut mis à exécution. La paternité en revient à M. GRISSOT DE PASSY, ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées de la Nièvre et chargé du service

hydraulique dans ce département. La ville devait être alimentée par les eaux de la fontaine des *Religieuses* et celles de l'Indre. Mêlées à leur arrivée à l'usine, ces eaux devaient être reprises par une pompe et conduites à un filtre à sable. Après filtration, elles étaient ramenées au puisard de l'usine et, de là, grâce aux pompes élévatoires, envoyées dans le réservoir et dans la distribution.

Au sujet du captage de la source des *Religieuses*, le cahier des charges (Archives municipales) s'exprime ainsi : « La prise d'eau des *Religieuses* se fera directement dans le bassin même de la fontaine, qui se trouve à l'extrémité du jardin du Proviseur du Lycée. A cet effet, le bassin sera barré en aval par un mur en maçonnerie formé de deux parties posées d'équerre, l'une de quatre mètres de longueur, l'autre de deux mètres. Le mur d'enceinte aura 0 m. 60 d'épaisseur et 1 m. 50 de hauteur, y compris les fondations. Il sera couronné par une tablette en pierres de taille de 0 m. 35 d'épaisseur.

« C'est dans la partie de 2 mètres de longueur que débouchera l'aqueduc de prise d'eau. Il aura exactement les mêmes dimensions que celui de la prise d'eau de l'Indre. »

(Aqueduc en béton de ciment, formé de deux pièces moulées :

1° D'une cuvette de 0 m. 16 de hauteur, ayant 0 m. 26 de largeur à la base et 0 m. 28 au sommet.

2° D'une petite voûte en anse de panier de 0 m. 28 d'ouverture et 0 m. 10 de flèche.

Epaisseur de la paroi : 0 m. 09).

« Son radier sera établi à 0 m. 50 en contrebas du niveau normal des eaux de la fontaine.

« Dans la partie de 4 mètres, sera ménagée une ouverture de 1 mètre de longueur, sur 0 m. 10 de hauteur, pour faire office de déversoir de superficie. La crête sera dérasée à 0 m. 40 en contrehaut du radier de l'aqueduc, de manière à ramener dans le fossé actuel les eaux qui ne seront pas utilisées à l'alimentation de la ville.

« Le bassin ainsi limité sera rempli de moellons lithographiques formant une série de barbacanes ou de caniveaux dirigés vers le mur d'enceinte, puis recouvert d'une couche de macadam arasée à la hauteur de son couronnement.

« Le puits qui existe dans la rue, derrière le mur de clôture du jardin du Proviseur, sera fermé. »

Le même cahier des charges laisse le choix de machines élévatoires au gré du fournisseur. Cependant la machine à vapeur doit avoir une force de 12 chevaux et mettre en mouvement deux systèmes de pompes d'un rendement minimum de 80 %. Le premier système était destiné à conduire l'eau brute au filtre comportant trois couches (sable fin, graviers, moellons). Le second, composé de deux pompes jumelles, devait aspirer, dans le puisard des eaux claires, les eaux filtrées et les refouler aux réservoirs. Chacune des deux pompes devait débiter 25 litres/seconde.

A l'origine de la conduite de refoulement, des réservoirs étaient prévus. Ils étaient nécessaires pour amortir le coup de bélier provoqué, à chaque extrémité de course, par la pompe à piston.

On pouvait à volonté, grâce à un système de vannes, mélanger les eaux de l'Indre à celles de la fontaine des *Religieuses*, ou ne prendre que les unes ou les autres.

Pour parer à toute interruption de service, deux chaudières devaient être installées.

« Le réservoir (qui existe encore actuellement, c'est celui de droite, d'une capacité de 518 mètres cubes) sera construit, indique le cahier des charges, sur le terrain appartenant à M. Charlemagne et faisant suite à la maison n° 9 de la rue du Pilier (rue des Américains). La cage de l'escalier sera établie dans l'alignement prescrit par l'autorité compétente.

« La fouille des fondations sera ouverte jusqu'aux bases compactes du rocher. La forme sera celle d'un tronc de cône renversé. Le diamètre inférieur sera de 20 mètres. La cuve sera formée d'un cylindre en tôle de 3 millimètres d'épaisseur. Son diamètre sera de 10 m. 40 et sa hauteur de 5 mètres.

Afin de reconnaître facilement les fuites s'il venait à s'en produire, la cuve reposera sur la plate-forme en maçonnerie par l'intermédiaire de briques doubles posées à plat et à sec. »

Quant au réseau de distribution, il était ainsi réparti :

Artère maîtresse. — Réservoir, rue du Pilier (rue des Américains), cours La Fayette, traverse la place d'Orléans (place Gambetta) jusqu'à la rue Chevreière (rue du Palais-de-Justice et rue Ledru-Rollin).

4 branchements principaux :

1° *Branchement principal de Déols.* — De la place La Fayette descend l'avenue de Déols jusqu'au bâtiment de la machine à vapeur et, avec la partie de l'artère maîtresse, en prolongement dans la rue du Pilier, constitue la conduite de refoulement.

2° *Branchement principal de la Grande-Rue (rue Grande).* — Du cours La Fayette, Grande-Rue, rue du Marché, coupe en écharpe la place de l'Hôtel-de-Ville et revient dans la Grande-Rue, qu'il suit, jusqu'à l'extrémité de la rue Porte-Neuve, à l'entrée de l'avenue des Marins.

3° *Branchement principal du Bombardon.* — Place d'Orléans, cours d'Orléans (place Gambetta), rue du Bombardon (rue Victor-Hugo) et rue du Pressoir (rue Jean-Jacques-Rousseau).

4° *Branchement principal de la rue Chevreière (rue du Palais-de-Justice).* — Rue Chevreière, rue des Capucins, rue de la Croix-Blanche (rue Diderot) et rue de la Bouquerie (rue Nationale).

De ces artères, partaient encore 23 branchements secondaires. Les bornes-fontaines, les bouches d'arrosage et les robinets complétaient le réseau.

Les travaux furent mis en adjudication. Celle-ci revint, le 24 juillet 1861, au sieur BONNIN, entrepreneur général, qui consentit un rabais de 4 %.

Le procès-verbal de réception provisoire nous apprend que le réservoir a coûté 43.866 fr. 93 ; le bâtiment des machines et la prise des *Religieuses*, 26.841 fr. 92 ; la machine à vapeur et les pompes : 26.880 francs ; les canalisations et les bornes-fontaines : 219.097 fr. 69, etc...

Mais le projet n'avait pas été réalisé tel qu'il était prévu. On avait abandonné la construction du filtre, et l'adduction de la source des *Religieuses* se faisait directement à l'usine.

Le captage des eaux du puits de l'Indre avait été laissé de côté. Sans doute, le débit de la fontaine des *Religieuses* avait-il été estimé suffisant. Peut-être aussi la découverte d'une source sous l'usine, lors de l'exécution des travaux, avait-elle influé sur cette décision. Cependant, l'existence de cette source a été contestée, en particulier par M. ROUET, ingénieur, qui attribue la nappe d'eau signalée à une fuite de la conduite des *Religieuses*.

1862. Concession de l'exploitation au sieur Halloche.

Le 3 novembre 1862,
un traité de conces-
sion était établi, en-

tre la Ville, représentée par le maire, Raoul CHARLEMAGNE, et le sieur HALLOCHE, entrepreneur de plomberie, demeurant au Vésinet, avec un bail de 9 ans.

La redevance annuelle était fixée à 4.500 francs. La Ville garantissait un revenu minimum de 4.000 francs. Si le produit des abonnements était supérieur à ce chiffre, la différence devait être partagée entre la Ville et le concessionnaire, à parts égales. De plus, l'eau était fournie gratuitement à tous les établissements publics communaux. Pour les nouvelles bornes-fontaines, la Ville s'engageait à payer 150 francs par an pour chaque borne.

**1863. Mise en fonctionnement
du Service.**

Le 1^{er} juin 1863, M. le
Préfet de l'Indre autori-
sait le Maire de Châ-

teauroux « à faire fonctionner sous la pression de 5 atmos-
phères, dans le bâtiment spécial construit à cet effet dans le
champ de foire de Châteauroux (Jardin public aujourd'hui) :

« 1° Deux chaudières à vapeur, construites suivant un sys-
tème tubulaire, d'une capacité de 3 m³ 666 et d'une puissance
de 15 CV ;

« 2° Une machine à vapeur d'une puissance de 12 CV,
destinée à élever les eaux nécessaires à l'alimentation de la
ville. »

Par prudence, le Maire rappelait, le 8 juin 1863, aux Cas-
telroussins, deux articles du Code pénal et du Code Napo-
léonien sur la destruction ou les dommages causés aux appa-
reils ou édifices élevés par l'autorité publique.

Une semaine plus tard, le 15 juin 1863, MM. ADAMOLI,
ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, RAVISY, ingénieur
ordinaire du Service hydraulique, et FAYET, conducteur prin-
cipal des Ponts et Chaussées, procédaient aux essais officiels.
Ces essais leur donnèrent satisfaction, puisqu'ils notèrent « que
la puissance de l'appareil expérimenté répond assurément
aux évaluations de son travail réel, mais qu'il est possible
qu'elle fasse en réalité autre chose de plus, sans toutefois
arriver à remplir les conditions du cahier des charges. Au
surplus, quoiqu'il en soit de la rigueur de ces conditions, il
est à considérer que, si le jeu des deux pompes jumelles
semble s'opérer non sans un certain effort, la machine à
vapeur, dont tous les éléments sont solidement et convenable-
ment montés (la détente marche très bien), paraît établie dans
les conditions pratiques d'une bonne marche. »

Bientôt après les essais, des affiches tricolores annonçaient
pour le 26 août 1863, l'inauguration officielle du Service des
Eaux. Retraite aux flambeaux, feux d'artifice, courses, jeux

divers, rien ne manquait pour célébrer comme il convenait cette date mémorable !

Il est facile d'imaginer la satisfaction des heureux Castelroussins de cette époque. Eux qui, hier encore, devaient aller tirer leur eau aux puits publics, avec ou sans pompe, ou bien, les plus favorisés, monter sur les poulies grinçantes, les seaux, du fond de leurs puits particuliers, trouvaient, d'un seul coup, cette eau si précieuse à la portée de la main, prisonnière, docile, abondante, derrière un simple robinet ! Aussi, tout le monde voulait profiter de cet inappréciable avantage, et la Ville était bientôt amenée à étendre aux faubourgs le réseau de distribution et à porter, de 53 à 58, puis à 64, le nombre des bornes-fontaines.

1864-65. Installation d'une deuxième machine à vapeur.

C'est alors que les premières difficultés surgirent

et, en 1864, GRISSOT DE PASSY proposait, au Mairé, l'établissement d'une deuxième machine à vapeur à l'usine des Eaux.

« Ce que nous avons prévu, écrit GRISSOT DE PASSY, dans son rapport, n'a pas tardé à se réaliser, du moins en partie et, aujourd'hui, le Conseil municipal, pour garantir d'une manière absolue, l'alimentation contre toutes les chances d'interruption qui pourraient résulter des réparations de la machine à vapeur, décide qu'il sera établi une deuxième machine, exactement semblable à la première, et desservie par les mêmes chaudières, en attendant que la construction d'un deuxième réservoir, à proximité de l'ancien château, vienne régulariser les services de la distribution par une répartition plus uniforme de la charge sur tous les orifices d'écoulement. »

Cette nouvelle machine devait, d'après le projet, élever les eaux du puits de l'Indre. Mais ce puits était alors alimenté soit par une source découverte lors des fondations de l'usine, soit par une nappe provenant des fuites de la conduite venant

de la fontaine des *Religieuses*. GRISSOT DE PASSY, dans son projet, constate l'existence, au fond du puits de l'Indre, d'un aqueduc de 0 m. 75 d'ouverture et 1 m. 50 de hauteur sous dalle. « Un jour, dit-il, cette ouverture sera prolongée jusqu'à l'Indre ; pour le moment, elle se courbe à angle droit, et va prendre la source de la chambre des chaudières. »

Mais il fallait abriter cette seconde machine. Or, le bâtiment de l'usine ne comprenait que la façade actuelle (qui abrite les anciennes pompes électriques) ainsi que le local attenant (où sont les filtres, aujourd'hui). On dut se résoudre à construire la partie du bâtiment abritant maintenant les nouvelles pompes.

Mis en adjudication le 12 février 1865, les travaux furent confiés au même entrepreneur qu'en 1861, et ils s'élevèrent à la somme de 47.000 francs.

1867. Essais de la deuxième machine.

Le 25 février 1867, on procédait aux essais de la nouvelle machine. Comme la première, c'était une machine à balancier, dont le fonctionnement majestueux devait fortement impressionner les visiteurs.

1868. Arrêté contre le gaspillage de l'eau.

Ainsi, il semblait que l'alimentation en eau dût être assurée de façon idéale. Hélas, les habitants de Châteauroux ne paraissaient pas apprécier, à leur juste valeur, les efforts d'une Municipalité généreuse et pleine de sollicitude pour ses administrés ! Cette eau qu'on leur amenait à domicile, ils entendaient en user à leur gré, la dépenser sans compter, la gaspiller même. Le 10 février 1868, le Maire prenait un arrêté à la rigueur draconienne destiné à réglementer l'utilisation de l'eau en ville.

1873. Installation d'une nouvelle machine à vapeur.

Malgré cet arrêté, les besoins ne cessaient de croître. Le 3 avril

1873, M. SUGERET, agent voyer municipal, motivait en ces termes une proposition à la Municipalité, tendant à l'installation d'une nouvelle machine à vapeur, pouvant élever 200 mètres cubes par heure, pour remplacer la plus ancienne : « Chacune des machines, écrivait-il, élève actuellement 80 mètres cubes par heure et, pour suffire à la dépense d'été, il est nécessaire de marcher 18 heures par jour ; si l'on considère que le nettoyage et l'entretien des machines exigent au moins 3 heures d'arrêt dans la marche, on arrive à cette conclusion qu'il est presque impossible d'augmenter la dépense d'eau, soit par de nouvelles concessions, soit par l'établissement de nouvelles bornes-fontaines, sans courir le risque de faire manquer complètement le service. »

Ces sages conseils furent écoutés et, le 23 août 1873, un marché était passé pour l'installation d'une machine Farcot, installation estimée à 21.000 francs.

La même année 1873 vit surgir un litige entre la Ville et le concessionnaire, le sieur HALLOCHE. Après échange de nombreuses lettres, l'affaire vint devant les tribunaux et la Ville fut condamnée à payer 18.000 francs.

1877. Construction d'un second réservoir.

Quatre ans plus tard, en 1877, les événements confirmèrent les

prévisions de GRISSOT DE PASSY : la nécessité se faisait sentir de construire un nouveau réservoir. Ce fut l'ancêtre du réservoir en ciment de la rue des Américains, qui a, d'ailleurs, conservé de cette époque la partie en maçonnerie servant de soubassement. Edmond BADOIS, ingénieur à Paris, construisit, pour 84.000 francs, un réservoir en tôle, d'une capacité de

600 mètres cubes, avec revêtement en briques et couverture en ardoises.

En 1877 encore, ce fut à l'industriel local M. HIDIEN, que la Ville s'adressa pour remplacer une chaudière qui donnait des signes de défaillance.

**1884. Réclamation du Dr Ponroy
au sujet de la qualité de l'eau.**

En 1884, pour la première fois, officiellement tout au moins, la qualité de l'eau fournie aux habitants était mise en doute. A cette date, en effet, M. le Docteur PONROY, à qui revient le mérite de la première intervention en ce sens, émit plusieurs réclamations concernant l'eau de la fontaine des *Religieuses*. Dans un rapport du 20 juin 1890, M. ROUET, agent voyer municipal, s'exprimait ainsi : « Une dernière analyse bactériologique, faite en 1890 par l'Administration militaire (il ne nous a pas été possible de retrouver cette analyse), a permis de constater une fois de plus que les eaux de Châteauroux ne renfermaient aucun élément suspect, que la nature et l'espèce des germes aérobies reconnus par l'analyse étaient tous de nature banale et indifférente. De là à pouvoir dire et à pouvoir expliquer les nombreux cas de fièvre typhoïde signalés par M. le Docteur PONROY, il y a tout un monde ».

**1889. Rapport de la Commission
du Conseil d'hygiène.
Mesures d'assainissement.**

Six mois auparavant, en décembre 1889, une « Commission du Conseil d'hygiène chargée d'examiner l'état des eaux de la Ville de Châteauroux » avait été moins optimiste. Relisons le rapport qu'elle avait établi.

... « *La Fontaine des Religieuses*, qui fournit les eaux employées à l'alimentation des habitants de la Ville, est située

dans le quartier de la rue Basse, entre la Gendarmerie et le Lycée, en contrebas de ces deux constructions.

« Cette source, très abondante, est la meilleure de la Ville. Elle dose 19° hydrotimétriques, coulait autrefois à l'air libre et se déversait dans l'Indre par le ruisseau dit « de la *fontaine des Religieuses* ». Lors de l'établissement du Service des Eaux, elle fut recouverte d'une voûte en simple maçonnerie non étanche, et ses eaux furent captées par un canal qui traverse les jardins du Lycée pour se rendre à la machine élévatoire, dans le jardin public.

« La Commission ne manqua pas de remarquer : que la fontaine recouverte de sa voûte non étanche, forme, aujourd'hui, le sol d'une voie publique.

« Que dans le milieu de la voûte a été aménagé un trou de pompe, lequel traversé par une pompe détraquée, forme une communication facile de l'extérieur avec la fontaine.

« Que la déclivité du sol amène les eaux d'égoût des rues voisines à passer sur la fontaine ou dans son voisinage, que ces eaux sont redoutables à tous les titres, parce que les rues sont malpropres et pleines de matières fécales que la solitude de ces lieux invite les passants à y déposer, que l'égoût d'une partie de la place Sainte-Hélène et de la Gendarmerie se fait du côté de la fontaine et que, par une pluie même un peu violente, la rue est transformée en un torrent comme l'indique bien son ravinement.

« Enfin que, par une coïncidence, regrettable à coup sûr, la fosse à fumier et les latrines de la Gendarmerie sont situées de telle façon que, à supposer une fissure dans la muraille qui surplombe la rue, les ordures se déverseront fatalement du côté de la fontaine : le ciment qui, pour le moment, les rend étanches, n'est peut-être pas une garantie suffisante contre toute chance d'accident dans l'avenir. »

C'est probablement à la suite de ce rapport que des mesures furent prises :

1° Tous puits perdus et fosses d'aisance, dans un périmètre

de 200 mètres de la source, devaient être complètement étanches, et la vidange en devait être faite fréquemment ;

2° Un autre écoulement aux eaux ménagères et pluviales de la caserne de Gendarmerie fut exigé ;

3° On construisit un caniveau le long de la partie de la ruelle basse et riveraine de la Gendarmerie. Les eaux furent évacuées en aval de la fontaine ;

4° On enleva la pompe se trouvant au-dessus de la fontaine et l'on posa une dalle de recouvrement. On procéda au nettoyage et au cimentage du mur d'isolement.

**1894. Rapport de M. Rouet
sur l'insuffisance
du Service des Eaux.**

Les réclamations du Docteur PONROY n'avaient donc pas été inutiles, et semblaient parfaitement

justifiées ! Cependant, la Ville devait faire face à des besoins toujours grandissants. M. ROUET, dans un rapport en date du 5 avril 1894, constate que les 2.500 mètres cubes d'eau débités chaque jour par la fontaine des *Religieuses* se sont avérés insuffisants au cours de l'été de 1893 ; l'Administration a été contrainte à laisser sans emploi les bouches d'arrosage et de lavage et à arrêter l'une des machines. C'est dans ce même rapport que M. ROUET signale que la source mentionnée dans les documents ayant trait à la construction de l'usine, n'a pu être retrouvée, et qu'il attribue la nappe existant à des fuites dans le canal d'amenée de la source des *Religieuses*. Il préconise ensuite l'utilisation de la source dite « *Font-Charles* » alimentant un lavoir, et il termine en indiquant la nécessité de remplacer la machine à balancier, dont les réparations deviennent trop onéreuses. La nouvelle machine pourrait entraîner une dynamo qui fournirait le courant nécessaire à l'éclairage de l'usine et du Jardin public.

Au sujet du remplacement de l'impressionnante machine à balancier, M. ROUET devait, au cours de la même année 1894, proposer de s'adresser à la Maison FARCOT, dont le

matériel, déjà installé, donnait entière satisfaction. Mais M. HIDIEN, chargé d'étudier la possibilité de ce remplacement, conclut à la réparation et modification de la machine à balancier.

La difficulté principale subsistait, exigeant, chaque jour plus impérieusement, une solution rapide : le débit de la source des *Religieuses* s'étant révélé insuffisant, où prendre le supplément d'eau indispensable ?

**1897. Projet Rouet sur l'adduction
des eaux de la fontaine Boiry.**

On étudiait les divers points d'eau.

Le 14 décembre

1897, M. ROUET déposait un rapport intitulé « Projet d'adduction des eaux de la *Fontaine Boiry* à la distribution de Châteauroux. » De larges extraits méritent d'être cités :

« Les eaux de la *fontaine des Religieuses* devenant insuffisantes pour les besoins de la distribution d'eau de notre ville, d'une part, et d'une autre, le réseau de distribution augmentant chaque jour, M. le Maire de Châteauroux, toujours soucieux de l'avenir de la ville, a pensé qu'il devenait urgent de rechercher s'il ne serait pas possible de trouver, dans un certain rayon de la ville, des sources abondantes et propres à l'alimentation en eau potable de notre cité.

« Des recherches que nous avons faites avec le concours de M. Péron, chimiste à Châteauroux, il résulte que, seules, trois sources situées en amont de l'usine, sont propres à l'alimentation, tout en ayant un débit différent.

« La première de ces sources, dite « *Fontaine Saint-Germain* », dont le sol émergeant est à la cote 141 m. 50, c'est-à-dire à plus de 0 m. 30 au-dessus du niveau de nos puisards, et dont le degré hydrotimétrique varie entre 19 et 20 degrés, quoique étant reconnue comme très propre à l'alimentation, a dû être négligée, son débit maximum ne dépassant pas 10 litres par seconde, ou 36 mètres cubes à l'heure, alors que

les pompes de notre plus petite machine débitent plus de 100 mètres cubes à l'heure.

« La deuxième, comprenant la série de sources dites du « *Montet* » qui se trouvent sur le territoire de la commune de Déols, est à près de 4 kilomètres de notre usine. Leur débit, qui dépasse 300 litres par seconde, suffirait pour alimenter une ville de 100.000 habitants, mais malheureusement leur captage serait dispendieux, puisqu'il devrait traverser en siphon trois fois l'Indre, et nécessiterait une dépense non en rapport avec les besoins de notre ville.

« La troisième et dernière source à laquelle nous avons arrêté notre étude se trouve située au Rochat, et appartient au sieur BOIRY-HÉRON. Elle servait autrefois pour le lavage des laines, alors que cette industrie était très florissante, c'est-à-dire de 1830 à 1850.

« Elle se compose d'un vaste bassin captable de forme rectangulaire ; elle est murée, dans son ensemble et présente deux débouchés, l'un alimentant le lavoir actuel, l'autre servant de trop-plein à ce lavoir.

« Cette fontaine est alimentée par une série de sources, dont la plus forte se trouve au Nord-Est, c'est-à-dire vers le Rochat. Le niveau moyen de l'eau, les vannes étant placées, est de 141 m. 06 ; celui moyen, les vannes levées et les barrages en aval enlevés, est de 140 m. 66.

« Celui du radier du lavoir est de 140 m. 31.

« Enfin, celui du fond de la fontaine est en moyenne de 140 mètres.

« L'eau de cette fontaine, soumise à l'examen bactériologique, a été reconnue propre à l'alimentation et classée dans les eaux potables (1).

« Son niveau (141 m. 06) est sensiblement le même que celui de l'eau dans les puisards (141 m. 08), mais il serait facile de le relever de 0 m. 40, ce qui permettrait d'avoir

(1) La qualité de la source n'a pas été en s'améliorant depuis cette époque !

la pente nécessaire, surtout en raccordant l'adduction avec le canal d'amenée de la petite machine, qui débouche dans les puisards à la cote 140 m. 55, ce qui donnerait une pente totale de plus de 0 m. 50 sans relever le plan d'eau de la fontaine actuelle, et de près de 0 m. 90 en le relevant de 0 m. 40.

« Son débit, jaugé tant sur le parcours du bassin de lavage que sur la longueur du fossé qui y fait suite, a varié entre 32 et 33 litres par seconde et a fait l'objet d'une vingtaine d'expériences. Ce débit théorique, toujours imparfait, peut être facilement ramené à 80 % de rendement pratique, ce qui le porterait à 26 litres par seconde, soit environ 100 mètres cubes à l'heure, débit qui serait suffisant pour alimenter la petite machine, la grande restant alimentée par la *fontaine des Religieuses* et son puisard de captage étant complété par un trop-plein spécial. Le piquetage du tracé que nous avons étudié empruntait la ligne la plus courte ; il suivait la vallée de l'Indre et les jardins de Belle-Isle. »

Mais l'auteur estime que ce tracé n'est pas pratique, car il nécessite cinq parties en siphons, et il termine :

« Pour hâter la solution de ce problème, nous nous proposons d'étudier le captage de la *fontaine Boiry* par la rue du Rochat et le chemin de Belle-Isle ; ce captage nécessiterait des remblais assez importants, mais il n'aura qu'une seule partie en siphon (aqueduc venant de la route n° 20). »

1899. Travaux d'adduction de la fontaine Boiry.

Ce rapport fut décisif, puisqu'on construisit une conduite d'adduction, de

0 m. 50 de diamètre intérieur qui, partant de la fontaine Boiry, emprunte la rue du Rochat et la rue de Belle-Isle, pour aboutir, par le Jardin public, aux puisards de l'usine. Les travaux furent exécutés en 1899 et s'élevèrent à la somme de 38.000 francs.

Dès cette époque donc, l'alimentation en eau de la ville de Châteauroux s'adressait aux deux sources, *Boiry* et des *Religieuses*, qu'elle utilise encore actuellement. Tout le système d'adduction n'a pas varié.

**1905. Installation d'un moteur
à gaz
et d'une pompe centrifuge.**

Les années suivantes furent marquées surtout par des transformations du matériel

de l'usine des Eaux. En 1905, on se décida à se séparer de la vieille machine à balancier, qui était restée 33 ans en service. Elle fut remplacée par un moteur à gaz pauvre.

La Ville ne s'arrêta pas là dans la voie du progrès : elle substitua à la pompe à piston une pompe centrifuge, une « turbo pompe » comme on disait alors. La Maison BOUTILLIER, d'Orléans, fut chargée de l'installation, qui revint, tous frais compris, à 27.000 francs.

Le moteur était un moteur à gaz, d'une force de 50 CV. Un réservoir en acier recevant la pression d'air d'une pompe à compression, permettait la mise en route à air comprimé. Le gaz utilisé pour le moteur était fourni par un gazogène Boutillier utilisant les charbons gras et demi-gras. L'allumage était réalisé par un ventilateur à main et demandait 20 minutes. L'appareil pouvait fonctionner de 5 à 10 heures, sans décrassage. Le gazogène était installé dans le local occupé actuellement par les filtres.

La turbo-pompe avait une hauteur de refoulement de 30 mètres, avec un débit de 70 litres/seconde à 980 tours/minute. Le courant était transmis par courroie du moteur à la pompe.

Ces nouveaux appareils flambant neuf ne semblent pas avoir toujours fonctionné de façon parfaite. En particulier, le piquetage et le nettoyage des gazogènes demandaient un travail assez long. Le constructeur remplaça le ventilateur à

main de mise en route des gazogènes par un appareil fonctionnant à moteur ; mais ce moteur, par suite, en particulier, de fuites dans le réservoir d'air comprimé, tonitruait dès qu'on le mettait en marche.

**1906. Rapport Rouet qui préconise
la construction
d'un nouveau réservoir.**

Peu à peu, cependant, on vint à bout de tous les incidents, et, le 20

janvier 1906, M. ROUET constatait le parfait fonctionnement de l'installation. Mais, en même temps, l'agent voyer exprimait ses inquiétudes du fait de la faible capacité des réservoirs en service : 1.050 mètres cubes. De plus, des pertes d'eau considérables se produisaient pendant la nuit, s'élevant à 840 mètres cubes. La construction d'un grand réservoir de 8 à 10.000 mètres cubes lui paraissait indispensable, afin de pouvoir assurer la distribution pendant plusieurs jours.

Il indiquait, en outre, la nécessité d'installer des compteurs chez tous les abonnés, de supprimer certaines fontaines publiques, et de réglementer la distribution d'eau dans les établissements qui en jouissaient gratuitement.

En 1909, un nouvel appareil vint remplacer le gazogène installé par la Maison Boutillier, qui avait eu quelques avaries. L'installation coûta 3.500 francs.

**1913. Installation du premier
groupe électrique.**

En 1913, la machine à vapeur, à son tour, était remplacée par un

groupe moto-pompe électrique Worthington, encore en service actuellement. Ce travail fut exécuté par la Compagnie centrale d'Energie électrique.

Un crédit de 10.000 francs avait été voté à cet effet.

**Construction d'un réservoir
en ciment.**

Pendant la guerre et à une date indéterminée, les conseils, que M. ROUET exprimait dans son rapport de 1906, étaient retenus, quoique ramenés à plus faible échelle : le réservoir en ciment actuellement en service remplaça celui en tôle, construit en 1877. Sa capacité est de 924 mètres cubes.

**1924. Installation du second
groupe électrique.**

Le second groupe électrique, destiné à remplacer le moteur à gaz, fut installé en 1924. Quatre ans plus tard, la Ville achetait un moteur de secours, afin de parer à toute interruption du service.

**1927-28. Installation d'un appareil
de javellisation.**

En 1927, une nouvelle étape était accomplie dans la voie de l'amélioration de la qualité des eaux potables : un appareil à javellisation, système Bunau-Varilla, était installé. Les premiers essais eurent lieu les 7 et 23 mars 1928. La solution javellisante arrivait dans la conduite d'aspiration, avant les pompes. Ces dernières assuraient le brassage énergique indispensable à la bonne marche de l'opération.

Bien que cette méthode de chloration ait depuis longtemps fait ses preuves, l'installation ne donna pas toujours entière satisfaction. Cela tenait à ce que les effluves des tubes amenant la solution d'eau de Javel s'encrassaient, par suite de remontées d'eau. Il en résultait un débit irrégulier de la solution, et l'analyse bactériologique révélait à certains moments la présence de colibacilles (par exemple en août 1929), alors que ceux-ci disparaissaient complètement pendant les périodes de bon fonctionnement.

Malgré ces défauts, l'installation apportait une amélioration incontestable dans la qualité des eaux, ainsi qu'en témoignent les analyses bactériologiques effectuées à cette époque. A cet égard, le tableau récapitulatif des cas de fièvre typhoïde signalés à Châteauroux, est également instructif :

1928.	11 cas (sans doute fonctionnement encore défectueux)
1929.	2 cas
1930.	1 cas
1931.	1 cas
1932.	2 cas
1933.	0
1934.	2 cas
1935.	0
1936.	1 cas (1).

1936-37. Installation de deux nouveaux groupes et d'appareils de filtration et épuration. Construction de deux réservoirs.

Et nous arrivons aux dernières modifications et aux nouvelles installations

du Service des Eaux, dont l'inauguration a eu lieu le 6 juin 1937.

L'installation était d'ailleurs en service depuis le 3 décembre 1936. Elle comprend :

- a) Deux nouveaux réservoirs, établis rue de la Vrille ;
- b) Deux nouveaux groupes de pompes ;
- c) Deux batteries de filtration ;
- d) Un nouvel appareil de javellisation, système Bunau-Varilla.

(1) Il ne faut pas oublier que tous ces cas ne proviennent pas d'une contamination d'origine hydrique directe, comme l'a montré, à plusieurs reprises, l'enquête instituée à propos de chaque typhoïde signalée.

Fonctionnement actuel du Service des Eaux

Examinons comment fonctionne l'installation qui alimente actuellement Châteauroux en eau potable, en suivant l'eau des sources chez l'usager.

1° *Adduction*. — Les eaux des sources arrivent par gravité dans les puisards de l'usine, en empruntant deux canalisations :

Les eaux de la source des *Religieuses*, par un aqueduc en maçonnerie datant de la construction de l'usine (1862).

Celles de la source *Boiry* par une conduite en fonte de 500 millimètres de diamètre à joints caoutchouc (1899).

Ces eaux se mélangent dans les puisards contenant les crépines, et situés dans le sous-sol de l'usine, à l'aplomb des groupes électriques.

A l'aide d'un système de vannes, il est possible d'interrompre l'arrivée de l'eau de l'une ou l'autre source, et de ne pomper que celle choisie.

2° *Élévation*. — L'élévation de l'eau des puisards dans les réservoirs et la canalisation est effectuée à l'aide de deux systèmes de pompes, l'ancien et le nouveau.

a) *Le système ancien*, appelé « pompage inférieur », se compose de :

Deux groupes de pompes électriques Worthington, d'une puissance de 65 CV, capables d'un débit moyen de 220 mètres cubes-heure et fonctionnant alternativement.

Un groupe de secours, moteur Charron, fonctionnant à l'essence ou au gaz de ville, d'une puissance de 40 CV. Ce moteur peut marcher, soit seul les jours de manque de courant, soit en même temps qu'un groupe électrique, à condition toutefois de freiner son débit, pour équilibrer le pompage des sources.

Les groupes électriques inférieurs refoulent l'eau dans les filtres et de là dans les canalisations et les réservoirs.

Le groupe de secours refoule directement dans les canalisations. L'eau pompée par ce groupe ne peut donc pas être filtrée. Elle est javellisée, à l'aide de l'ancien appareil, monté, avant transformation, sur les groupes électriques.

b) *Le système nouveau*, ou « pompage supérieur », se compose de deux groupes de pompes électriques tandem Worthington, type 6 L 2, d'une puissance de 65 CV pour une hauteur totale manométrique de 62 m. 50. Chaque groupe est entraîné par un moteur Alsthom 70 CV à 1.455 tours/mi-nute. Ces groupes débitent 225 mètres cubes/heure en service normal.

Ces pompes refoulent l'eau, soit dans les filtres, soit directement dans la canalisation, mais toujours à l'amont des javelliseurs, de sorte que l'eau refoulée dans les conduites est auparavant épurée dans tous les cas.

Le courant alimentant tout le système de pompes arrive à l'usine sous haute tension (5.750 volts) ; il est ramené à la tension d'utilisation (220 volts) et conduit au bâtiment des pompes par une ligne aérienne.

Le transformateur actuel de 80 KVA sera doublé bientôt d'un second de 100 KVA. L'installation sera ainsi à l'abri d'une panne possible due à un transformateur grillé. Les groupes étant tous en double, comme on vient de le voir, seule l'interruption du courant électrique pourra provoquer un arrêt dans le service. C'est alors que le moteur à essence entre en action.

3° *Coagulation*. — A la sortie des pompes, l'eau chemine vers les filtres en traversant un diaphragme, qui crée sur la canalisation une perte de charge de un mètre environ. Cette perte est utilisée pour mettre en charge un réservoir contenant du sulfate d'alumine. Le dosage s'effectue à l'aide d'un jeu de vannes, de façon à ce que l'eau soit additionnée de 10 grammes environ de sulfate d'alumine par mètre cube. Le sulfate d'alumine réagit sur le carbonate de calcium de

l'eau ; il y a formation d'hydrate d'alumine, qui neutralise les charges des cations. Il en résulte une coagulation, qui facilite la précipitation des impuretés contenues dans l'eau.

4° *Filtration.* — Ainsi débarrassée de ses impuretés les plus volumineuses, l'eau arrive aux filtres. Ces appareils, installés par la Maison Philipps et Pain, comme ceux de coagulation et d'épuration, sont constitués par deux batteries superposées et contiennent du silex. Chaque batterie comporte trois filtres verticaux, d'une surface totale de 18 mètres carrés. L'eau arrive à la partie supérieure de ces filtres, elle les traverse à la faible vitesse de 12 mètres cubes par mètre carré/heure, et les impuretés sont retenues par le silex.

Selon l'état de turbidité de l'eau à son arrivée, les filtres se colmatent plus ou moins vite. La perte de charge à la traversée varie de 2 mètres environ (filtres propres), à 5 à 6 mètres (filtres sales).

Le nettoyage des filtres s'effectue par lavage à contre-courant et barbottage d'air comprimé, de la façon suivante :

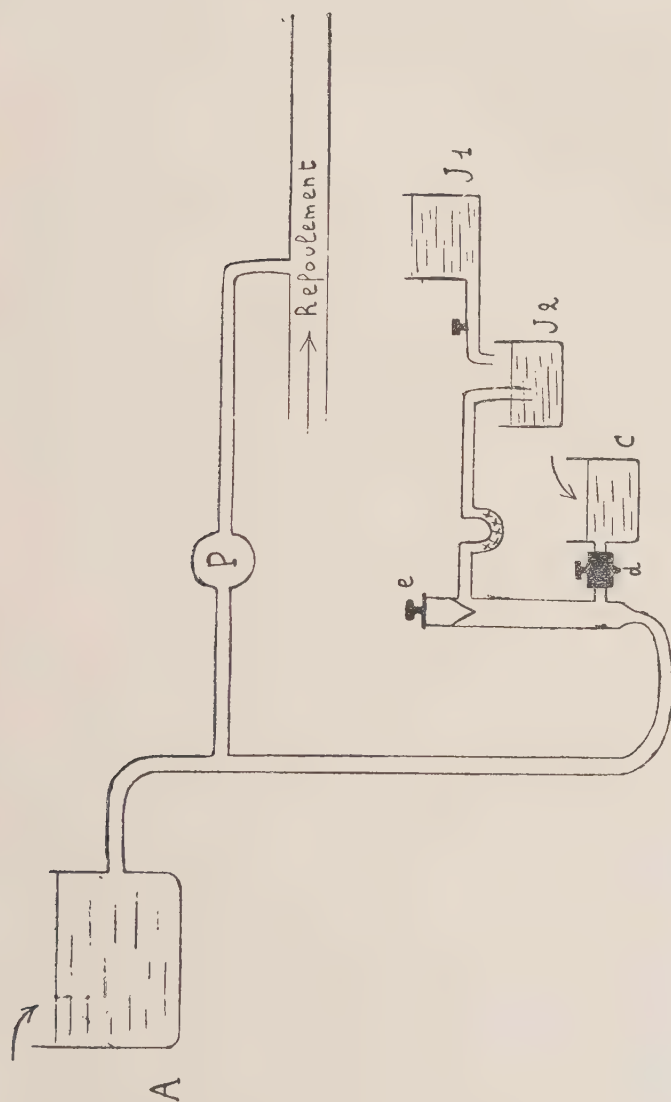
a) Barbottage d'air comprimé (300 gr.), injecté à la partie inférieure du filtre mis hors circuit. Cet air disjoint les grains de silex colmatés par les impuretés et les matières argileuses.

b) Barbottage d'air, combiné avec injection d'eau à contre-courant. La plus grande partie des impuretés est ainsi entraînée.

c) Lavage à l'eau à contre-courant, jusqu'à obtention d'une eau limpide dans le puisard d'évacuation des eaux de lavage.

5° *Chloration.* — L'eau arrive à la sortie des filtres parfaitement limpide, et dans les conditions les plus propices à subir l'action de la liqueur javellisante.

Celle-ci est injectée dans la conduite de refoulement à l'aide d'une pompe volumétrique, et selon le schéma ci-après :



(1) Appareil de Javellisation

Un niveau constant est maintenu par un robinet flotteur dans un bac d'aspiration A.

La pompe volumétrique P aspire sous charge constante dans le bac, donc sous débit constant, et refoule dans la conduite dite de « refoulement » des pompes.

Sur l'aspiration de la pompe P est placée la tuyauterie qui arrive de la base des effilures des javelliseurs.

La dépression causée par la pompe provoque l'amorçage du siphon. La solution d'eau de Javel contenue dans les bacs J₁ et J₂ (J₂ = décantation) s'écoule à travers les effilures. Grâce au bac spécial C, toujours rempli d'eau et dont on permet l'entrée à la base du siphon à l'aide d'une vis à pince d, il est facile de régler le débit de la solution javellissante.

Le désamorçage est effectué par la soupape e, commandée électriquement.

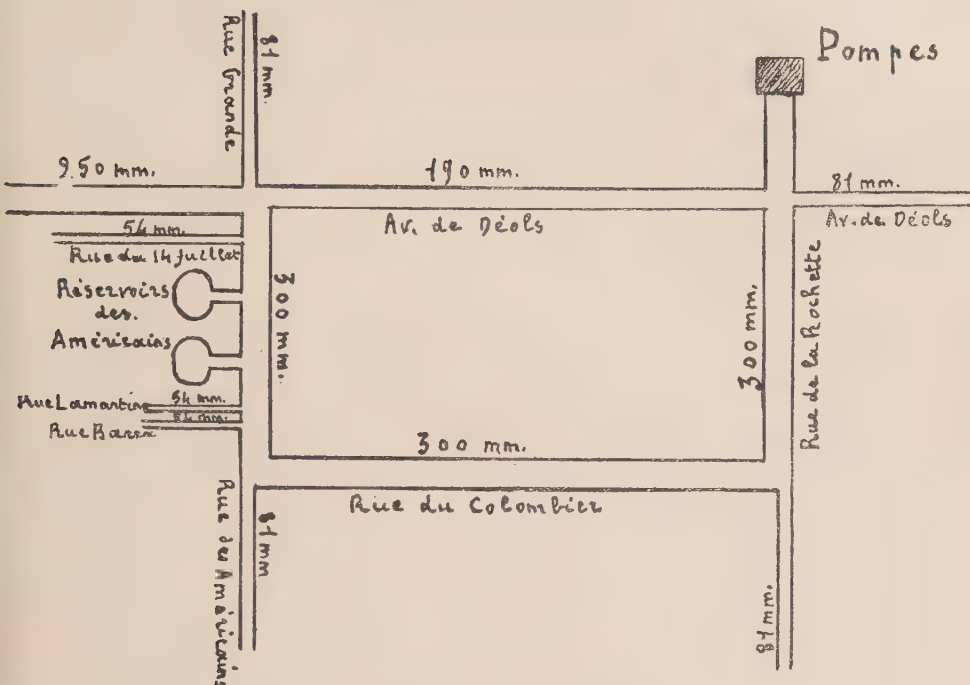
La quantité de chlore introduite est de 0 mg. 1 à 0 mg. 2 par litre d'eau suivant l'état de l'eau à traiter.

6° *Refoulement*. — Deux cas sont à considérer, suivant que l'on marche sur les anciens ou sur les nouveaux groupes.

a) *Anciens groupes et secours*. — A la sortie des filtres, l'eau gagne directement la distribution et les anciens réservoirs ne jouent qu'un rôle d'équilibre, ainsi que l'indique le schéma 2 (voir page 41).

Cette disposition est extrêmement rare. Il n'existe en Europe que deux ou trois villes importantes dans cette situation. Du reste, le projet de modification du réseau prévoit la suppression de ce système et le passage par les réservoirs de toute l'eau refoulée, ce qui permet un long contact entre le chlore et l'eau.

Ces groupes correspondent au réseau dit « inférieur » car ils alimenteront ultérieurement la partie basse de la ville (avenue de Déols, rue de l'Indre, Saint-Christophe).



(2) Refoulement - anciens groupes

b) *Nouveaux groupes, ou groupes « supérieurs »*. — Ils correspondent au réseau qui sera ultérieurement celui de la ville haute.

L'eau est conduite directement aux réservoirs de la rue de la Vrille par une canalisation de refoulement d'un diamètre initial de 500 millimètres entre l'usine et la place La Fayette, et de 300 millimètres ensuite. Cette conduite est protégée à sa base par un clapet anti-bélier, destiné à atténuer le coup de bélier à l'arrêt et à la mise en marche des pompes.

Lors de l'application du projet qui prévoit la construction de deux nouveaux réservoirs rue des Américains (entre les

anciens) et la séparation des réseaux, la conduite d'alimentation de ces réservoirs partira de l'extrémité de la conduite de 500 millimètres.

Pour le moment, sur cette conduite d'amenée aux réservoirs (jusqu'à la rue de la Vrille), seules sont branchées les bouches incendie. Toute l'eau pompée par les nouveaux groupes se rend donc directement aux nouveaux réservoirs de la rue de la Vrille.

Ces réservoirs ont une capacité unitaire de 750 mètres cubes. Ils ont été élevés à un point haut de la ville : cote 157 à la base, avec plan d'eau arasé à la cote 188,6. Construits en ciment armé, ils possèdent une cuve calorifugée extérieurement par une couche de béton cellulaire. Un dispositif de vannes permet d'isoler les deux réservoirs et de ne pomper ou de ne distribuer que sur un seul.

Des réservoirs, partent deux conduites :

L'une de 150 millimètres, aboutissant à la gare et jonctionnée pendant son trajet sur les conduites suivantes :

Pont de Velles : sur 81 millimètres ;

Pont de Cluis : sur 110 millimètres ;

Place des Capucins : sur 54 millimètres ;

Place Bourdillon : sur 81 millimètres ;

Rue de la Gare : sur 81 millimètres.

L'autre, de 250 millimètres, laissée en attente rue de la Vrille, sur le boulevard des Marins et prolongée rue de la Vrille par une conduite de 150 millimètres jonctionnée boulevard George-Sand, sur une conduite de 81 millimètres.

Fonctionnement normal.

Les réservoirs supérieurs (rue de la Vrille) et inférieurs (rue des Américains) sont alimentés alternativement :

De 7 h. 30 à 11 h. 30 : Pompage sur réservoirs de la rue des Américains ;

De 11 h. 30 à 13 h. 30 : Pompage sur réservoirs de la rue de la Vrille ;

De 13 h. 30 à 17 heures : Pompage sur réservoirs de la rue des Américains ;

De 17 heures à 7 h. 30 : Pompage sur réservoirs de la rue de la Vrille.

Durant chaque période de pompage, des interrupteurs automatiques coupent le courant dès que le réservoir correspondant est plein et le rétablissent dès que le niveau atteint un certain minimum (0 m. 50 environ de battement aux anciens réservoirs ; 1 mètre aux nouveaux).

Le passage d'un groupe à l'autre se fait à la main et à l'aide d'un inverseur placé à l'arrivée du câble basse tension dans l'usine.

La consommation d'eau en 1935 a été d'environ 1.385.000 mètres cubes et en 1936 d'environ 1.415.000 mètres cubes. Celle de 1937 sera, suivant les prévisions, de 1.755.000 mètres cubes. Actuellement, la consommation journalière s'élève à environ 4.300 mètres cubes.

Cette installation réalise incontestablement un progrès important dans la distribution de l'eau à Châteauroux : pression augmentée, réserve accrue, qualité de l'eau améliorée grâce au système de filtration et de chloration.

Cependant, un nouveau projet est à l'étude, qui divisera la ville en deux parties, supérieure et inférieure, ayant chacune son réseau et ses réservoirs autonomes.

De plus, la consommation augmentant sans cesse (pression accrue, nouvelles constructions, installations sanitaires, stations de lavage pour automobiles, etc.) le débit actuel paraît insuffisant pour un proche avenir, et M. LIMOUSIN, le distingué et compétent ingénieur de la Ville, a déjà été amené à proposer un certain nombre de palliatifs (suppression de certaines bornes-fontaines, recherche des fuites sur les conduites) en attendant de pouvoir, ou bien augmenter le débit des sources utilisées, ou bien capter de nouvelles sources.

CHAPITRE III

Hydro-Géologie

Pour écrire ce chapitre, nous avons eu recours aux avis autorisés de M. DUPLAN, professeur à l'Ecole Normale d'Instituteurs de Châteauroux, qui connaît bien notre région et auquel nous adressons nos sincères remerciements. Nous avons fait de larges emprunts à son livre [9], ainsi qu'aux rapports que M. Welsch, professeur de Géologie à la Faculté de Poitiers, a consacrés à la question [30]. Nous n'avons pas manqué, non plus, de consulter l'ouvrage de M. Rabaté sur le Berry [24].

La carte géologique du département, annexée à ce chapitre, a été dessinée par M. Têtu, professeur à l'Ecole Normale de Châteauroux. Elle a paru dans l'ouvrage de M. Duplan et est destinée aux « Services agricoles de l'Indre ». MM. Têtu et Duplan, ainsi que les Services agricoles, ont bien voulu nous autoriser à la reproduire. Nous les prions d'accepter nos vifs remerciements.

Il nous a paru nécessaire, avant d'étudier à un point de vue plus spécialement hydro-géologique une portion du département découpée autour de Châteauroux, d'essayer de faire un résumé de l'histoire géologique de tout le département de l'Indre, bien qu'évidemment, il ne constitue pas une région naturelle, ni un tout géologique.

Formation géologique du département de l'Indre.

Jusqu'à l'ère primaire, les terres, qui forment notre région, étaient presque en-

tièrement immergées. Seules, celles placées au Sud du département, à partir d'une ligne passant par Nérét, Cluis, Chaillac, émergeaient de cette mer, profonde de plus de 200 mètres, qui baignait les derniers contreforts du Massif Central.

Cette zone est formée de roches dures et compactes (granit-gneiss), mais leur structure n'est pas rigoureusement homogène. Composées de matériaux plus légers que l'écorce terrestre, elles ont été longtemps considérées comme une scorie qui se serait par la suite solidifiée. En réalité, il est probable que toutes ces roches des terrains archéens dérivent de formations sédimentaires. A travers le fonds pâteux des énormes rides qui sillonnaient le globe à mesure qu'il se refroidissait, une partie du noyau interne a pu s'échapper digérant et modifiant les couches supérieures. Des parties sédimentaires ont cristallisé (roches métamorphiques) entourant les roches éruptives où toute trace de sédimentation a disparu. On trouve des pavés de granit où cette roche et le gneiss sont étroitement associés, tels ceux de la rue Grande, à Châteauroux. Ce métamorphisme intense « a détruit nos moyens d'investigation et nous enlève tout espoir de posséder des renseignements précis quant à la genèse des formations anciennes de l'Indre » [9, p. 51]. Cette région, géologiquement, n'appartient pas au Berry. C'est une sorte de marche reliant les riches terres calcaires qui ceinturent le Massif Central aux plateaux plus élevés du Sud-Est.

Toutes les autres terres du département étaient incluses dans le détroit qui, entre le Massif Central et le Massif Armoricain, faisait communiquer le Bassin Parisien avec le Bassin Aquitain.

Peu à peu, au cours des âges, des sédiments, des dépôts minéraux s'accumulèrent au fond du vaste Océan. De gigantesques plissements, d'autre part, soulevaient des montagnes et

creusaient de nouveaux abîmes : la Mer primitive, au cours des siècles infinis, abandonna son lit, découvrant derrière elle un continent qui, lentement, émergeait de ses eaux. De ces débris, de ces sédiments, qui s'entassèrent ou disparurent, suivant les transgressions ou les régressions marines, est constituée dans sa presque totalité, la terre berrichonne.

Ere primaire.

Il n'existe, dans tout le département, aucun dépôt primaire. Un îlot situé au Sud-Est, dans la région de Nérét-le Magny, qui avait été attribué au Permien, a été reconnu comme faisant partie du Trias. De cette ère primaire fertile en plissements et qui a vu croître, sur l'écorce durcie de la Terre, les immenses forêts aux arbres géants, rien ne subsiste en surface, ni probablement en profondeur, dans notre région.

Ere secondaire.

L'ère secondaire fut, en Europe, une période de repos de l'activité interne. Eruptions et dislocations deviennent rares. Seuls, des filons métalliques viennent remplir des crevasses précédemment ouvertes. Le sol français, pour la première fois, voit tracées ses grandes lignes. Le Plateau Central s'agrandit progressivement et les terres apparues le rattachent à l'Armorique à l'Ouest, aux Vosges et aux Ardennes à l'Est. Derrière les eaux de la mer Septentrionale, contrainte par les matériaux détritiques du *Trias*, les constructions coralliennes du *Jurassique* et l'accumulation de foraminifères du *Crétacique*, d'opérer un recul progressif, émerge peu à peu, et pour un temps, une terre ruisselante : c'est notre Berry, presque entièrement formé de couches sédimentaires de cette période.

Ces couches sont remarquables par leur étendue et par leur variété. Calcaires bleus du *Lias*, calcaires oolithiques et lithographiques du *Jurassique moyen et supérieur*, argiles et parfois sables, tous ces éléments vont donner aux terrains des aspects extrêmement divers.

Les terres triasiques semblent être, dans notre région, des prolongements de celles du Nivernais et du Bourbonnais. Elles présentent deux formations principales : grès bigarrés et marnes irisées. Dans le département de l'Indre, deux îlots appartiennent au trias : dans la région de La Châtre à l'Est, de Chaillac à l'Ouest. Ils sont accompagnés chacun de filons métalliques : galène près d'Urciers, pour l'îlot Est ; minerai de fer (Hématite brune $2 \text{ Fe}_2\text{O}_3, 3\text{H}_2\text{O}$), bioxyde de manganèse (Pyrolusite MnO_2), Barytine (SO_4Ba), Fluorine (CaF_2), de la région de Chaillac pour l'îlot Ouest.

Les terrains appartenant au *Jurassique* occupent, dans l'Indre, la plus large place. Dans ce système, les éléments calcaires prédominent sur les éléments détritiques, déposés d'une manière continue sur les rives tranquilles de la mer liasique ; éruptions et plissements deviennent de plus en plus rares. Les trois séries *liasique*, *médio-jurassique* et *supra-jurassique*, sont représentés, d'une façon inégale d'ailleurs.

La série *liasique*, formée en grande partie de terrains durs et compacts, déroule de l'Est à l'Ouest, à travers le département de l'Indre, cinq longs rubans parallèles : ils correspondent aux cinq étages de la série : le *Rhétien* I₁, l'*Hettangien* I¹, le *Sinémurien* I², le *Charmouthien* I³, et le *Toarcien* I⁴. C'est autour de La Châtre, au nord de l'îlot triasique, que l'on rencontre le mieux la bande liasique, qui va en s'amincissant vers l'Ouest, après Argenton. Près de La Châtre, dans le *Rhétien* I₁, on observe des amas de jaspes qui contiennent les fossiles de la zone à *Avicula contorta* [6]. Dans tout ce Boischaut liasique, les cultivateurs vivent à l'aise, au milieu de leurs petites « locatures » où paissent dans l'herbe abondante, fraîche et nutritive des argiles du lias, les troupeaux blancs des paisibles Charolais.

Après la série liasique, la série *médio-jurassique* étale sans heurts sa sédimentation. Au fond des eaux calmes, limpides et peu profondes, tout un monde vit et construit. Ici, dans la région de Fontgombault et de Saint-Gaultier, les polypiers bâtisseurs élevaient leurs massifs coralliens qui nous ont

laissé les calcaires oolithiques, débris de coraux et de coquillages roulés par les flots et noyés dans un ciment provenant de la désagrégation des éléments organiques ; ailleurs, entre Villemongin et Sanguille, c'étaient les spongiaires, les pholadomyes, les ammonites aux fragiles coquilles, qui peuplaient la prairie sous-marine ou nageaient dans l'eau calme.

Bajocien j_{IV} dans la région d'Argenton, *Bathonien* j_{I-III} à Ambrault, Le Poinçonnet et Saint-Gaultier, *Callovien* j¹ dans toute la vallée de la Creuse, *Oxfordien* j² du Blanc, tous les étages de cette série sont représentés dans le département de l'Indre. Mais c'est au long de la vallée de la Creuse que ces affleurements offrent le plus d'importance, dans cette vallée pittoresque où la rivière « creuse » toujours entre ses berges (d'où son nom), créant pour elle et ses affluents ces lits profonds pas toujours assez colmatés pour retenir toutes leurs eaux, dont certaines vont se perdre dans les calcaires fissurés pour réapparaître plus loin, lorsqu'elles se heurteront aux argiles liasiques ou aux marnes oxfordiennes imperméables.

La période correspondant au *Supra-jurassique* a vu s'accroître, dans nos contrées, le recul de la mer. Sur ses rives, les dépôts calcaires se sont amoncelés. Placé entre le détroit morvano-vosgien à l'Est, le détroit du Poitou à l'Ouest (celui-ci à peine comblé d'ailleurs), le Berry prend un grand développement, et les calcaires supra-jurassiques, parfois couverts de limons tertiaires, occupent plus d'un tiers du sol de la région.

Ce Jurassique supérieur prend, dans le département, deux faciès principaux : au Nord et à l'Est, ce sont de vastes étendues de calcaires lithographiques, produit de la consolidation d'une vase calcaire. C'est une région spécifiquement berriehonne.

Au Sud-Ouest, au contraire, les escarpements de la vallée de la Creuse et de ses affluents sont coralligènes et ne constituent que le prolongement de la région poitevine.

Le Jurassique supérieur du Sud-Ouest affleure, dans l'arrondissement du Blanc et sur une quarantaine de kilomètres carrés, dans la vallée de l'Anglin et sur les deux rives de la

Creuse. Cette partie de notre sol était un rivage, semé de récifs coralliens, comme nous le montrent les lamellibranches, oursins, polypiers que l'on y retrouve.

Les eaux superficielles de cette région s'écoulent par la Creuse et ses affluents. Le réseau souterrain est semé de gouffres, tel celui du Raffou, au Nord de Pouligny ; ces eaux souterraines rejoignent certainement le réseau de la Creuse.

Le Jurassique supérieur de l'Est forme le sol des vastes plaines aux horizons monotones, qui constituent la *Champagne berrichonne*. On y trouve tous les étages du supra-jurassique, sauf le Portlandien supérieur, facies tithonique j⁷. Une sorte de détroit corallien relie le Jurassique coralligène du Sud aux formations lithographiques ; c'est à ces terrains limites, que disparaissent peu à peu les pierrailles si abondantes dans les sols de Champagnè.

La Champagne berrichonne s'étend sur les départements de l'Indre et du Cher. Dans l'Indre, elle borde au Sud le Bathonien d'Ambrault, Etrechet, Le Poinçonnet. Au Nord, le long d'une ligne passant par Vatan et Levroux, c'est le Crétacé qu'elle rejoint. Dans ce même Crétacé, à l'Ouest, elle enfonce, plus ou moins profondément, des prolongements, qui rendent la limite moins nette entre les deux formations.

Rien de plus divers encore que les facies des différents étages de cette série dans le département de l'Indre.

Le Corallien j³ de la bordure du Poitou coralligène est lithographique en surface ; *l'Astartien* j⁴ est d'aspect vaseux ; *le Kimmeridgien* j⁵, surtout important dans la région de Vatan, est marneux ; *le Portlandien inférieur* j⁶ se rapproche des calcaires lithographiques.

Le sous-sol des 100.000 hectares de la Champagne de l'Indre est parcouru par de nombreux cours d'eau. Il existe, à une certaine profondeur, une nappe phréatique, à peu près continue, qui reproduit, à une faible amplitude, les ondulations superficielles du sol. Les courants qui se forment à travers les calcaires sont jalonnés de mardelles et de gouffres, dont la profondeur est en harmonie avec le profil du pays.

Les sources y sont assez rares, mais d'un débit élevé, donnant parfois naissance aux rivières : exemple la Théols, l'Angolin.

Quelques îlots formés de *limon des plateaux* sont couverts de bois (Mâron, au Sud-Est, Saint-Lactencin, au Nord). Mais ceux-ci mis à part, la Champagne n'est qu'une vaste plaine calcaire productrice de blé, de céréales, de sainfoin, avec, de loin en loin, les taches vertes des bouquets de pins d'Autriche ou de mélèzes. C'est le pays par excellence des grandes propriétés (le département de l'Indre est celui ayant le plus d'exploitations d'au moins cent hectares).

Le système crétacique se divise en deux séries, l'*Infracrétacé* et le *Supracrétacé*. La craie « creta » qui donne son nom au système, calcaire tendre formé d'amas de petites coquilles microscopiques de foraminifères et de radiolaires, ne se rencontre que dans le Supracrétacé. Dans le Nord-Est de l'Indre, des dépôts d'argile et de sables de l'*Infracrétacé* restent les témoins de la proximité d'un rivage.

Le Crétacique n'a laissé dans la région que peu de fossiles. M. Duplan a rencontré des protozoaires (orbitolines) dans la région de Levroux, des spongiaires dans le Sénonien, des coelentérés (cyclolites) dans l'argile à silex, des échinodermes (oursins) dans le Turonien, des brachiopodes (*rhynchonella vespertilio*) autour de Fléré-la-Rivière, d'assez nombreux mollusques et lamellibranches (*Ostrea columba*) dans les différents étages de la série, quelques moules et de nombreuses ammonites, en particulier, au voisinage d'Arpheuilles.

Plus d'un quart du département de l'Indre, à l'Ouest, au Nord-Ouest et au Nord, fut recouvert par la mer crétacée. C'est à la période supracrétacique, et surtout à l'époque céno-manienne, que cette mer eut la plus grande étendue, et les sédiments du Crétacé inférieur ne vinrent affleurer qu'à la suite d'un bombement local, l'anticlinal de Graçay. Ce bombement fut d'ailleurs, par la suite, soumis à une érosion intense, puis creusé par les eaux ; il a donné ainsi une vallée anticlinale, où coule actuellement le Fouzon.

L'*Infracrétacé* comprend quatre étages : le *Néocomien* c_{1v} ,

le Barrémien c_{II} , l'Aptien c^1 et l'Albien c^1-c^3 . Seuls le Barrémien c_{II} et l'Albien c^2 et c^3 sont rencontrés dans l'Indre. Le premier affleure sur la rive droite du Fouzon, sur quelques kilomètres carrés, formé d'argiles bariolées et de grès, parfois agglomérés en dalles (Dolmen de Bagneux).

L'Albien c^2 et c^3 donne le terrain perméable de Saint-Christophe-en-Bazelle, Dun-le-Poëlier, Anjouin et Ciroux. Il arrive que les sables soient cimentés en pavés, utilisés pour l'empierrement des routes (Anjouin). Ailleurs, d'énormes rochers très durs, sortent du sol sableux. Celui-ci se prête à l'érosion et le rocher semble lentement s'exhausser. « Le grès pousse » disent les paysans de la région.

Le Supracrétacé a des affleurements beaucoup plus importants au Nord et à l'Ouest du département. Ils appartiennent au Cénomanién c^4-c^5 et au Turonien c^6 . Alors que, presque partout en France, le Cénomanién est caractérisé par la craie glauconieuse (la glauconie est un silicate de fer et de potassium avec du calcium et du magnésium), dans l'Indre ce facies crayeux est devenu sableux, à la suite de courants chargés de sables et de mollusques, venant de la mer plus chaude du Midi et arrivant par le détroit du Poitou.

La craie glauconieuse, formée dans l'Indre de marnes sableuses et argileuses, se rencontre, mise à nu par l'arasement de la voûte de l'anticlinal de Graçay, entre Anjouin et Saint-Christophe-en-Bazelle.

Les sables de Vierzon bordent au Nord les terres de la Champagne.

Les marnes à ostracées, troisième assise de l'étage, noyées dans des sables, argiles et grès, poursuivent vers l'Ouest la bordure de la Champagne.

Les dépôts turoniens ont laissé dans les vallées du Cher et de l'Indre la craie tuffeau qui a dû se former vers 200 ou 300 mètres sous les eaux d'une mer calme et chaude. Sous des facies divers, le Turonien apparaît, en particulier, autour de Palluau, Clion, Saint-Genou, et forme un îlot à la limite

Nord-Ouest de la Brenne (Ouest de Mézières-en-Brenne, Azay-le-Ferron, Martizay).

Le lit des rivières de cette région appartenant au Crétacé, région si peu homogène qu'elle n'a pas de nom spécifique, constitue le niveau hydrostatique, comme dans la Champagne. Mais les accidents de terrain y sont plus prononcés, les rivières disséquant le socle crétacé sur quarante mètres environ.

Les puits sont de plus en plus profonds à mesure qu'on s'éloigne de la vallée. Les plus profonds se trouvent à la base du tuffeau, dans la région de Châtillon. Un niveau d'eau général est rencontré au-dessus des marnes à ostracées et souvent juste au-dessous de la bordure turonienne.

Le puits artésien de Châtillon-sur-Indre qui fournit l'eau potable à l'agglomération, est alimenté par les sables dits de Vierzon situés entre les marnes imperméables à ostracées c⁵ et les marnes vertes de la craie glauconieuse c^{4a}. Il a 188 mètres de profondeur, traverse 120 mètres de Turonien (alors que l'on pensait trouver le Cénomanien aquifère à 85 mètres environ) et donne, au niveau du sol, un débit de 80 litres à la minute, d'une eau à la température de 18 degrés.

Ere tertiaire.

Pendant l'ère tertiaire, l'exhaussement des terres va s'accroître. Des lacs disparaissent. Les golfes Aquitaniens et Neustriens, ainsi que la dépression lyonnaise, se comblent peu à peu.

Alors, l'activité volcanique, à peu près endormie, se réveille. De gigantesques plissements entraînent à plus de 3.000 mètres les Pyrénées, à plus de 5.000 mètres les Alpes. Toutes ces puissantes manifestations s'accompagnent de transgressions marines, pour, finalement, donner à la région française les grandes lignes de son sol.

Dans l'Indre, la Brenne, la Forêt de Châteauroux et les territoires qui y font suite à l'Est, toute la région de Valençay au Nord-Ouest, sont formés de couches tertiaires. Ces

couches sont dues pour la presque totalité, soit à l'action des eaux d'infiltration, soit aux apports des cours d'eau torrentiels, et sans doute aussi des eaux thermales [g. p. 213-214], ce qui explique qu'elles soient dépourvues de fossiles, circonstance rendant leur étude difficile.

Les différentes séries, *Eogène*, *Néogène*, sont représentées dans l'Indre, mais par suite de l'absence de fossiles, il est difficile de rattacher une formation à tel ou tel étage. C'est pourquoi, utilisant la méthode suivie par M. Duplan, nous diviserons les terrains d'après leur facies.

1° *L'Argile à silex* e_v peut être rapportée à l'*Eocène*. Les affleurements de cette formation sont surtout importants dans la région Nord-Ouest du département, autour de Valençay et à l'Ouest de Pellevoisin, où ils surmontent la craie qui apparaît dans les vallées. L'argile à silex provient de la décalcification des couches crayeuses du Crétacé supérieur : les eaux ont enlevé l'élément calcaire et la silice s'est concentrée autour de particules ou organismes siliceux. On rencontre beaucoup d'éponges silicifiées.

2° D'autres formations sont dues aux actions torrentielles. *Les sables et argiles sidérolithiques* e^{3bc}, *les sables argiles et arkoses sidérolithiques* m^{mbc}, *le limon des plateaux* P_v, forment de vastes terrains qui, partant du Massif Central, se dirigent, en s'amincissant progressivement, vers le Nord-Ouest, jusqu'à Rouen et Le Havre. Constituent-ils le fond d'un ancien lac ou le lit d'un fleuve gigantesque qui menait à la mer septentrionale ses eaux issues du Massif Central ? Quoi qu'il en soit, ces formations résultent des contrecoups ressentis dans notre région des plissements Pyrénéens et Alpains. Les calcaires, peu malléables, se brisèrent, formant une série de failles orientées Nord-Sud (faille de Sancerre).

Argiles bariolées exploitées sur la butte de Verneuil-sur-Igneraie, grès durcis de silice de Vicq-Exempt, pierres d'opale à la pâleur translucide, poches remplies de minerai de fer pisolithique, toutes ces formations appartiennent aux

dépôts sédimentaires ou thermo-minéraux de cette période, qu'elles soient disposées en petits îlots isolés au milieu du lias comme à Verneuil, ou qu'elles recouvrent de larges étendues entre Ardentes et Pruniers, depuis Fourches jusqu'à la limite Est du département.

Au-dessus de ces dépôts, sur les plateaux, le limon des plateaux est, en général, recouvert de forêts. La forêt de Gâtine, la forêt de Châteauroux, sans compter de nombreux bois, agrémentent de leur verdure la surface de ces plateaux.

3° Enfin, les dépôts tertiaires se présentent dans l'Indre, sous un troisième aspect, celui *des marnes et calcaires lacustres* m_{IIIa}. Ce sont là, avec quelques argiles à silex, les seules formations fossilifères tertiaires du département. La marnière des Prunes, sur le limon des plateaux, à trois kilomètres à l'Est d'Argenton, est rattachée au *Lutétien*. Elle appartenait à la famille Rollinat, et les fossiles que l'on y a découverts furent identifiés par Cuvier. Un lophiodon fut nommé le *Propatœtherium Rollinatii*. Des crocodiles accompagnaient les lophiodons.

Le calcaire lacustre, dit du Berry, présente deux affleurements dans la région de Briantes, Nérét, au Sud-Est du département.

Les anticlinaux de Graçay et d'Arpheuilles ont déterminé une ligne de fractures, jalonnée par les failles de Châtillon, Saint-Genou et Lys-Saint-Georges. C'est cette ligne qui, sans doute, a fixé le cours actuel de l'Indre. Des lacs se sont formés, où l'on retrouve, dans les dépôts calcaires, des mollusques d'eau douce. A Châtillon, le contact du calcaire lacustre avec le tuffeau de base se fait par des marnes. A Lys-Saint-Georges, le bel étang de Piedmagré, issu des eaux limpides d'une source qui sort des bancs calcaires, repose également sur le calcaire lacustre.

Au Nord de Valençay, les lacs qui couvraient la Beauce et une partie du Berry ont laissé un calcaire dur, compact, souvent mêlé de silice, qu'on retrouve dans les régions de Charbris et de Varennes-sur-Fouzon.

Il faut, pour les terrains de l'époque tertiaire, réserver une place spéciale à *la Brenne*. Ce pays a, en effet, son individualité propre, bien marquée par son sol, ses paysages, ses étangs, ses maigres cultures.

Les terrains sont rapportés au *Miocène* et notés m_{IIIb} et m_{IIIb} . Ils s'étendent autour de Migné, sur 80.000 hectares et émettent des prolongements, en particulier, au Sud de la Creuse, que l'on nomme « queues de Brenne ». Leur formation est due à des mouvements qui furent le prolongement de ceux ayant ébranlé, à l'ère tertiaire, le Massif Central. Mais le mécanisme du dépôt des sédiments de ce pays soulève des divergences d'opinions entre les géologues. M. Duplan, qui a parcouru en tous sens et étudié sous tous ses aspects cette région, lui assigne l'origine suivante [9, p. 234] :

« Un mouvement de bascule du Massif Central aurait provoqué des rides dont la plus méridionale serait celle d'Arpheuilles (Anticlinal d'Arpheuilles) encadrant, avec les terrains cristallins du Sud, une vaste dépression triangulaire ayant sa base à l'Ouest, qui aurait formé la Brenne et ses annexes. Cette partie basse, dans l'axe de laquelle se serait installée la Creuse, aurait été comblée au préalable par l'apport d'eaux torrentielles (ce qui exclut, ou presque, toute trace de stratification) venant du Sud et du Sud-Est, et ayant enlevé des masses énormes de matériaux aux terrains cristallins et à leurs contreforts triasiques ; le lavage et l'oxydation des composés ferreux existant dans les roches anciennes auraient donné plus tard le ciment à base d'oxyde ferrique assurant, pour une bonne partie, la cohésion du grès ferrugineux de Brenne ».

La puissance moyenne des dépôts est de quarante mètres environ, égale au relief du Corallien et du Lithographique. Ce manteau est percé, à maints endroits, d'affleurements calcaires. Le sous-sol est presque partout imperméable. Les calcaires eux-mêmes sont rendus étanches, car, décalcifiés à la surface, ils donnent un résidu argileux ; la Mer Rouge, le

plus grand étang de la Brenne, repose sur le Lithographique.

Une particularité intéressante réside dans ces curieux cailloux à facettes qui parsèment les plaines sableuses de la Brenne. De Lapparent les avait remarqués et M. Duplan en a rencontré un grand nombre. Ce sont des cailloux de quartz dont on peut voir certains échantillons autour de Migné. Leurs faces ont été travaillées et polies par les sables entraînés par les vents dominants. Ce produit de l'usure éolienne ne se rencontre nulle part ailleurs en France [10].

Sur cette étendue plate, où, de loin en loin, les « butons » hauts d'une quinzaine de mètres prennent l'allure de collines, l'écoulement des eaux se fait très mal. La Claise, dont la pente est souvent coupée par des écluses, fraye difficilement un passage à ses eaux, dans un lit envahi par les herbes aquatiques. Les forêts, en ralentissant encore l'écoulement, apportent leur contribution au caractère marécageux de ce pays.

Ere quaternaire.

Aux premiers temps de l'époque quaternaire, les pluies extrêmement abondantes, qui avaient débuté à la période pliocène, redoublèrent d'intensité. En même temps, un refroidissement considérable couvrit de neige tous les sommets un peu élevés : d'immenses glaciers se formèrent, qui ont alimenté de larges cours d'eau.

Dans notre pays, les terrains erratiques ne se rencontrent évidemment pas. Mais la douceur des pentes, jointe à la perméabilité, a favorisé le dépôt des alluvions fluviales, qu'on distingue en anciennes et modernes.

De la haute vallée, des sables, du gravier, des cailloux, ont été entraînés par les eaux ; ils constituent les *alluvions anciennes* ^{a¹} ; plus bas, dans la vallée, on rencontre les *alluvions modernes* ^{a²}, d'un grain plus fin et fréquemment tourbeuses.

C'est lorsque la pente diminue, lorsque la rivière s'étale,

par exemple, au sortir d'une passe étroite, que ses eaux plus calmes déposent dans une vallée élargie des alluvions souvent fécondes. Ainsi la Creuse, en quittant les terres cristallophyliennes du Sud, borde son lit de dépôts fertiles, du Pêchereau, Saint-Marcel et Saint-Gaultier, jusqu'à Ciron, Ruffec et Le Blanc.

Depuis Fourches, les eaux tranquilles de l'Indre coulent au milieu des alluvions qu'elles ont déposées. Les alluvions anciennes se rencontrent surtout entre Fourches et La Forge-de-l'Isle. Les autres dépôts, ainsi que ceux des affluents de cette rivière, sont en général tourbeux et de mauvaise qualité agricole.

La plus large tache d'alluvions anciennes dans le département se trouve tout à fait au Nord, et elle a été déposée par les affluents du Cher, le Fouzon, le Nahon et le Renon, au Sud de Chabris.

Parmi les formations de l'époque actuelle, il faut ranger les *éboulis sur les pentes A*. Sur les pentes des plateaux couverts d'argile ou de roches tendres, des éléments ont été entraînés qui raccordent ces plateaux aux alluvions de la vallée. L'épaisseur de la couche varie de quelques centimètres à plusieurs décimètres. Ces dépôts sont très localisés et particulièrement abondants dans le Boischaut, ainsi que dans la région de Valençay.

A l'époque quaternaire enfin, un être nouveau est apparu : *l'homme*. Ce dernier venu parmi les espèces vivantes devait, au cours des siècles, faire subir son influence à la Nature elle-même et modifier, sur certains points, le cours naturel des choses. Diminuant ou même arrêtant l'érosion par les barrages qu'il construit (tel celui d'Eguzon), faucardant et curant les vallées pour permettre l'établissement de prairies sur les alluvions tourbeuses ; asséchant, grâce à des drainages appropriés, les marais naguère impénétrables et malsains de la Brenne, l'homme, par son action, modifie le relief et fait intervenir, pour le modelé et la nature du sol, un facteur nouveau : le facteur humain.

Hydro-géologie du département de l'Indre.

D'un point de vue
plus spécialement hy-
drologique, cet exposé

de la formation géologique du département n'est pas inutile.

L'alimentation en eau varie, en effet, avec les différentes formations.

La région des terrains anciens reçoit d'assez abondantes précipitations atmosphériques, en moyenne 80 centimètres (un quart de plus que la Champagne). L'eau s'infiltré, sur une profondeur de 1 à 3 mètres, dans le sol rendu perméable grâce à la décomposition des roches. A la base de cette couche, cette eau commence à suinter et à donner des sources. Les puits vont, à une profondeur de 5 à 6 mètres, puiser dans une nappe plus importante. Chaque habitation, ou presque, possède son puits.

Par places, cependant, l'alimentation est plus difficile, lorsqu'une vallée est formée de micaschistes et de gneiss inclinés dont les plans de schistosité sont presque verticaux. Il faut forer des puits d'une quinzaine de mètres et plus, à travers des roches très dures. On s'adresse alors avec avantage aux nappes qui se trouvent à la jonction de deux synclinaux locaux.

Dans toute cette région de roches dures, l'eau est limpide, fraîche, agréable. Son degré hydrotimétrique est évidemment très faible.

Ce qui est vrai pour les terrains anciens, l'est aussi pour leurs voisins, les terrains triasiques. Mais les puits y rencontrent parfois les gisements de fer ou de bioxyde de manganèse

Ce n'est pas non plus dans la bande liasique du Sud du département que le problème de l'eau se posera d'une façon aiguë. Là encore, les sources sont nombreuses et fraîches, avec leur onde limpide, au milieu des gras pâturages ou au fond des sous-bois bruisants. Il n'est pas nécessaire de creuser profondément pour trouver l'eau dans ces grès des bords

de l'Indre et de l'Igneray, striés de maintes rigoles qui assurent, au printemps, un bon écoulement des précipitations. Mais le vert Boischaut a aussi sa Champagne. Elle est constituée par ce vaste plateau qui, de Nohant à La Châtre, étale, entre l'Indre au Sud et l'Igneray au Nord, ses champs solitaires où l'on ne distingue nulle habitation. Pas de sources dans ces roches dures ; c'est plus bas, dans la vallée, vers Nohant ou vers La Châtre, vers Montgivray ou vers Lourouer, qu'on les trouvera, à la base des formations rocheuses du plateau. Et c'est là aussi, comme toujours, que se grouperont hameaux et villages.

Avec les terres où affleurent le Jurassique moyen, nous nous approchons de l'hydrologie de la Champagne. Dès que se montrent les couches calcaires, l'eau s'infiltre par les crevasses. Elle s'écoule ainsi jusqu'au pied de l'assise, où elle donne naissance à des sources à gros débit, telle la source de la Théols. Le lavoir d'Argenton est situé au point de contact du Bajocien et des argiles liasiques ; toute cette ligne de contact d'ailleurs, est jalonnée de petites sources.

Les puits de toute la région ne trouvent la nappe phréatique qu'à une grande profondeur. Encore cette nappe est-elle bien irrégulière, car on peut voir deux puits voisins de profondeurs très différentes.

Comme en Champagne, la circulation souterraine est jalonnée de gouffres, sur les côtes de la Creuse. C'est encore l'eau d'infiltration qui a creusé, au fond des vallées, ces grottes, où habitèrent les hommes de l'époque néolithique. La grotte de la Garenne, dont le Renne gravé se trouve au Musée de Saint-Germain, est une curiosité de la région.

Nous avons parlé de l'hydrologie de la Champagne et en reparlerons assez longuement pour ne pas insister ici. Le Jurassique supérieur du Sud-Ouest ne manque pas de points communs, à ce point de vue, avec celui de la Champagne. Là aussi, les puits sont rares et profonds. Là aussi, les gouffres sont assez nombreux. Nous avons signalé déjà le plus important, celui du Raffou, au Nord de Pouligny. A travers le causse

aride, les rivières manquent souvent d'eau et ne sont reconnaissables qu'à leur lit pierreux.

Dans le Crétacé, l'on retrouve un peu de fraîcheur. Les puits y sont encore souvent profonds, surtout si l'on s'éloigne de la vallée, mais jamais il n'y a pénurie d'eau. Aussi la population s'égaye davantage qu'en Champagne et sa densité est plus élevée.

A chaque formation donc correspondent un réseau hydrographique, une distribution des sources particulières et, par suite, une répartition humaine propre.

A la lumière de ce rapide exposé de l'histoire géologique de l'Indre, il nous sera plus facile d'étudier, d'une façon précise, les territoires entourant Châteauroux. Cette portion, arbitrairement isolée, est, en effet, intimement intégrée dans l'ensemble de la région.

Hydro-géologie de la région de Châteauroux.

La ville de Châteauroux repose, presque en tous points, sur des terrains appartenant à l'*Astartien supérieur* j⁴. Quelques *alluvions modernes* a² s'étendent au Nord, en bordure de l'Indre.

Autour de Châteauroux, la région est formée :

1° De calcaires sublithographiques jurassiques, appartenant à la série supra jurassique, étages *Rauracien* et *Séquanien*, riches en astartes, appelés souvent *Astartien* j⁴—j³. En dessous se trouvent quelques bancs de *Corallien*.

Ces calcaires constituent la plus grande partie du sol de la région : ils sont le prolongement naturel de la Champagne ;

2° D'*Alluvions anciennes* a¹ et d'*Alluvions modernes* a², dans la vallée de l'Indre ;

3° Au Sud, le plateau de la forêt de Châteauroux est formé d'argiles sableuses tertiaires que l'on rapporte au *Pliocène*. Le *Corallien* j³ y est également représenté.

1° *Les calcaires jurassiques* ont la cassure lithographique et ont été exploités comme tels autrefois, dans la région de Déols.

En particulier, un banc, appelé « banc royal », compact et à grain très fin, divisé en cubes de 1 centimètre d'arête, était très apprécié. Peut-être, ce banc sans fissures fait-il obstacle à la pénétration des eaux souterraines et a-t-il arrêté en certains points le creusement de la vallée de l'Indre ?

Ces calcaires sont, en général, blancs ou blancs jaunâtres, à cassure conchoïdale. Ils sont disposés en petits bancs, séparés les uns des autres par des zones minces, plus tendres et plus marneuses. Leur épaisseur est très variable : de quelques centimètres à 50 centimètres et un mètre. A Fonts, l'épaisseur totale de l'assise, avant de rencontrer le Corallien, est estimée par M. Pourbeix, ingénieur hydrologue belge, à 40 mètres environ. Il arrive, à certains endroits, que les zones marneuses soient plus développées, quelquefois autant que les calcaires. Ceux-ci sont très fissurés. Il suffit de regarder une carrière des environs de Châteauroux (à Fonts par exemple), pour voir, de tous côtés, ces fentes verticales, qui divisent les bancs en fragments assez réguliers. C'est la pression exercée par les couches supérieures qui a morcellé la roche en bancs. La pression, les eaux d'infiltration, le tassement du terrain, ont concouru à la segmentation en blocs.

Dans les diaclases de la roche, on peut trouver de délicates arborisations ou dendrites ; certaines sont brunes et constituées par de l'oxyde ferrique ; d'autres sont noires et dues au bioxyde de manganèse.

Le Lithographique s'appuie sur des formations coralliennes. Cette disposition est particulièrement nette dans la carrière du four à chaux de Von : sous les bandes minces du Lithographique, apparaissent les gros blocs du Corallien.

Des analyses portant sur de belles pierres issues de la formation, on peut déduire la composition moyenne suivante : calcaire, 90 %, silice, 1,20 %, argile, 2,76 % ; plus des traces d'oxydes de fer et de manganèse.

Les carrières sont exploitées pour pierre à chaux, macadam, moellons de construction. En ce qui concerne cette dernière utilisation, il faut remarquer que la pierre ne se prête pas à la décoration : aussi, les villes de la région qui l'utilisent ne brillent-elles pas par leur cachet artistique. Le banc royal est encore utilisé pour faire de la mosaïque.

Vers la forêt, on trouve les bancs inférieurs, d'aspect corallien. Les calcaires plongent donc au Nord-Ouest d'une façon très générale. Pratiquement, les bancs sont horizontaux ou presque, sur une faible étendue ou bien de petites failles les ont inclinés en divers sens et ont ainsi facilité la formation de cassures à travers les calcaires. Ces cassures, que les carriers appellent « égouts », jouent un rôle dans la circulation des eaux. On voit quelquefois, remarque M. Welsch, des bancs inclinés à 15 degrés.

A la surface, une terre jaune rougeâtre, semée de fragments de pierre calcaire, recouvre les bancs d'une faible épaisseur, souvent quelques centimètres seulement (sauf dans le fond des vallonnements où l'épaisseur est plus grande).

Cette terre caillouteuse est appelée « groaille » dans le pays. Sur les pentes, elle est également plus épaisse, encombrée d'éboulis calcaires et marneux (comme au Montet, par exemple).

Toute la région calcaire est cultivée. Il faut cependant excepter quelques bois au Sud, qui se continuent par la forêt de Châteauroux.

2° *Alluvions de la vallée de l'Indre ;*

On y distingue deux sortes de formations :

A) Des dépôts de sables et de graviers du fond des vallées, qui sont des *alluvions quaternaires anciennes* a¹. Ces formations sont particulièrement abondantes près de Saint-Maur, à l'Ouest de Châteauroux, des deux côtés de l'Indre, à droite, au-dessus du bourg et, en face sur la rive gauche. On trouve là beaucoup de cailloux roulés exploités pour macadam.

A Châteauroux même, la formation est beaucoup plus restreinte et moins nette. M. Welsch l'a cependant reconnue à l'Ouest de la route Nationale n° 20, à la hauteur du coteau du Rochat, depuis le bas du Jardin public et, en suivant, par la rue de Belle-Isle jusqu'à la Boirie (emplacement de la *Fontaine Boiry*) et le grand pont de l'Indre. Là, ce ne sont que sols cultivés, jardins maraîchers, remplis de fragments de silex et de calcaire, couverts de sable fin, et jamais inondés par les crues de l'Indre proche. Même en 1910, la célèbre crue ne les a pas atteints. Le sous-sol est surtout sableux, mêlé de gravier et de petits cailloux roulés de quartz.

Ces alluvions anciennes s'appuient sur les calcaires jurassiques, qui forment un coteau concave supportant la ville.

B) Le sol des prairies naturelles et des marais du bord de l'Indre, de ses bras ou de ses affluents, est constitué par des *alluvions modernes* a². Sables fins, argileux, souvent aussi débris tourbeux, tels sont les composants de ce sol plat, recouvert chaque année, ou presque, par les crues de l'Indre. Au-dessous, et servant de substratum à ces alluvions modernes, on trouve soit des alluvions anciennes, soit directement les calcaires jurassiques. L'eau s'y écoule mal et imprègne cette terre à la façon d'une éponge. Aussi, les plantes des marais y poussent-elles en abondance.

L'étalement de ces prairies marécageuses est parfois coupé de grandes vasques larges de 5 à 15 mètres, remplies d'eau (prairies du ruisseau des Bulles ou du Montet). Cette eau s'écoule, en général, à travers le marais par de petits ruisseaux qui rejoignent l'Indre ou l'un de ses bras. M. Welsch estime que cette eau provient des calcaires des coteaux qui entourent le marais de l'Indre.

3° *Le plateau de la Forêt* de Châteauroux est formé de sables terreux, parsemé de cailloux roulés de quartz blanc, et de silex jurassiques. Les argiles sableuses s'y trouvent en amas irréguliers. Comme nous l'avons remarqué, on y trouve la pointe inférieure, à facies corallien, des calcaires jurassiques.

Cette étude géologique nous donne quelques aperçus intéressants au point de vue de l'*hydrologie* de la région.

Le terrain des plateaux est peu perméable et les eaux ne s'y infiltrent que très lentement, ou coulent en suivant la plus grande pente.

L'ensemble des calcaires jurassiques, au contraire, laisse facilement pénétrer les eaux par ses cassures et par ses failles. Arrêtées par un banc de calcaire plus compact ou par des roches en quelque sorte colmatées par la silice que les eaux météoriques ont transportée et qui obstrue les joints et lithoclasses voisins, ces eaux vont constituer des réserves souterraines qui viendront ensuite sortir sous forme de fontaines, au travers soit des calcaires eux-mêmes, soit des alluvions de la vallée de l'Indre, après avoir cheminé plus ou moins longtemps dans le sous-sol. Il est à noter que les sources se trouvent presque toutes à peu près au niveau de l'Indre, drain naturel de la région ; il en est ainsi, en particulier, des fontaines du *Montet*, *Boiry* et des *Religieuses*, cette dernière étant de plus au-dessous de la ville. Mais l'écoulement de ces ruisseaux souterrains varie suivant les chutes météoriques. Quand les eaux sont basses, c'est un écoulement régulier, comme en conduite libre. Au contraire, si des précipitations abondantes se produisent, l'eau s'engouffre avec violence dans ces canaux devenus trop étroits, entraînant les déchets accumulés aux étranglements ou aux aspérités, roulant dans ses flots pressés de nouvelles couches minérales arrachées par la pression, et se présentant à l'émergence trouble et souillée, comme il nous a été donné de le constater à plusieurs reprises.

Ces ruisseaux souterrains sont en relation avec une nappe phréatique qui, nous l'avons noté, paraît assez constante dans la Champagne, à une certaine profondeur. Du plan général de cette nappe autour de Châteauroux, on peut se faire une idée en comparant les profondeurs de quelques puits. Pour tirer de ces données des déductions rigoureuses, il faudrait connaître exactement la cote de chaque puits. Mais

on peut cependant, à bon droit, essayer quelques conclusions.

Rue des Fontaines	3 mètres
Ecole Normale	7 mètres
Varennnes	14 mètres
Scrouze	19 mètres
Les Chevalliers	16 m. 80
Le Poinçonnet	22 m. 50
Riau-de-la-Motte	16 m. 75
La Forge-de-l'Isle	9 mètres et 6 m. 70
Route de La Châtre	17 mètres

Cette nappe est donc assez irrégulière, comme on pouvait s'y attendre. Le plan d'eau est sans doute contrarié par le chevauchement des couches, dont certaines imperméables, et par cette sorte de relief souterrain, projection à faible échelle du relief du sol. Cependant, il semble bien que sa pente générale soit Nord-Est-Sud-Ouest, malgré le « trou » de la route de La Châtre. Cette pente coïncide d'ailleurs à peu près avec celle de l'écoulement des eaux superficielles.

Le niveau de base de la nappe est vraisemblablement le lit de l'Indre et des ruisseaux qui s'y jettent : dans leur lit même ou autour de ce lit viennent sourdre les sources. Il existe d'ailleurs plusieurs nappes superposées. C'est ainsi que le puits de Touvent est profond de 43 mètres, et atteint l'argile située au-dessous du Lithographique. Le puits de la brasserie Brossard va chercher à 99 mètres la couche aquifère.

A Châteauroux même et dans les environs immédiats, les puits des jardins bordant l'Indre sont alimentés par le plan d'eau et non par la rivière. Dans cette vallée sableuse, où la couche imperméable est surmontée de sédiments très meubles, la nappe d'eau est homogène, et point n'est besoin, pour creuser un puits, de chercher un emplacement particulier.

Il n'en est pas de même pour les terres fissurées perméables en grand, lieux d'élection de la circulation souterraine. Les

courants ne sont pas repérés, mais leur existence est indubitable. A Châteauroux même, sous la rue Victor-Hugo, existe une nappe qui alimentait autrefois certains puits et qui évacue encore maintenant les eaux usées de maintes fosses et puits perdus. Ce ruisseau affleurerait vers la fontaine des *Religieuses*. Dans l'ancien jardin de l'Hôpital on constatait que l'eau du puits était toujours en mouvement, ce qui indique également l'existence d'un courant souterrain.

Les courants souterrains font subir aux terres qui les recouvrent une action mécanique et une action chimique. Usant les parois du canal où elles circulent, dissolvant le calcaire grâce au gaz carbonique qu'elles retiennent, les eaux agrandissent et multiplient sans cesse les diaclases de la roche et compromettent l'équilibre de vastes portions de terrains en donnant naissance à ces effondrements qu'on appelle « mardelles » dans le pays. Elles sont aidées en cela par les eaux de ruissellement, puisque la formation des mardelles, gouffres, bétoires, etc., se fait, en général, de haut en bas. C'est le plus souvent progressivement que le terrain s'affaisse, mais parfois l'effondrement est brusque.

Dans la région champenoise de Châteauroux nombreuses sont ces « mardelles ». Qu'il nous suffise d'en citer quelques-unes : la fosse d'Arkamont, en bordure de la route de Châteauroux-Tours, à 8 kilomètres de Châteauroux, mardelle de Vaux, près Niherne, mardelle de la ferme de Vineuil, mardelle de Crevant, à l'Ouest de la route Nationale n° 151. Dans la seule commune de Montierchaume, plus de trente mardelles ont été reconnues. Presque chaque année, ici ou là, on signale un nouvel effondrement.

Des mardelles, il faut distinguer les gouffres et puisards, qui se forment dans les terrains très perméables, avec un placage imperméable, surtout par action mécanique des eaux. Si le placage imperméable est continu, on trouve des cuvettes, comme celle située à 8 kilomètres de Châteauroux, au bord de la route de Levroux. Si des fissures se produisent on assiste à la formation de petits canaux, qui conduiront les

eaux de surface, à travers les calcaires, jusqu'à ce qu'elles forment un ruisseau souterrain.

Les puisards sont nombreux dans la forêt de Châteauroux, où les argiles tertiaires entourent le calcaire jurassique. L'entonnoir de Villebommiers, à l'Est de la forêt, est le plus important de ces puisards. A Châteauroux même, 100 mètres après l'octroi, sur le côté droit de la route de Velles, un puisard existait, qui évacuait les eaux résiduaires du quartier. Près de la ferme du Bisserieux, à 100 mètres environ de l'Indre, un gouffre est capable de vider un hectolitre à la minute sans que l'on sache à quel endroit, dans la rivière, il déverse les eaux ainsi évacuées.

Le déversoir naturel de toutes ces eaux souterraines étant l'Indre et son réseau, quels en sont les réservoirs ? Il semble bien qu'il convienne d'en fixer les emplacements aux environs de la butte de Brion pour le Nord (cote 223), à la partie Nord de la forêt de Châteauroux (cotes 179 à 185) pour le Sud. A l'Est et à l'Ouest, les eaux se dirigeraient vers l'Indre perpendiculairement à la rivière.

Situation géologique des sources étudiées.

Parmi toutes les formations géologiques que nous venons de passer en revue, quelle est

la situation de chacune des sources étudiées ?

La source Boiry sourd dans les alluvions anciennes a^1 du bord de l'Indre, à la base des calcaires jurassiques j^{4-3} , à cassure lithographique (voir le schéma 3, p. 69). Elle est à peu près au niveau de la rivière. Ses eaux proviennent très vraisemblablement de la nappe souterraine dont nous avons noté la présence dans les calcaires. Contrairement à ce que l'on a parfois prétendu, l'origine des eaux de *Boiry* nous semble être totalement indépendante de l'Indre. En effet, les puits creusés dans toute cette bande de terrain se remplissent du côté opposé à la rivière, donc s'alimentent à une nappe souterraine isolée.

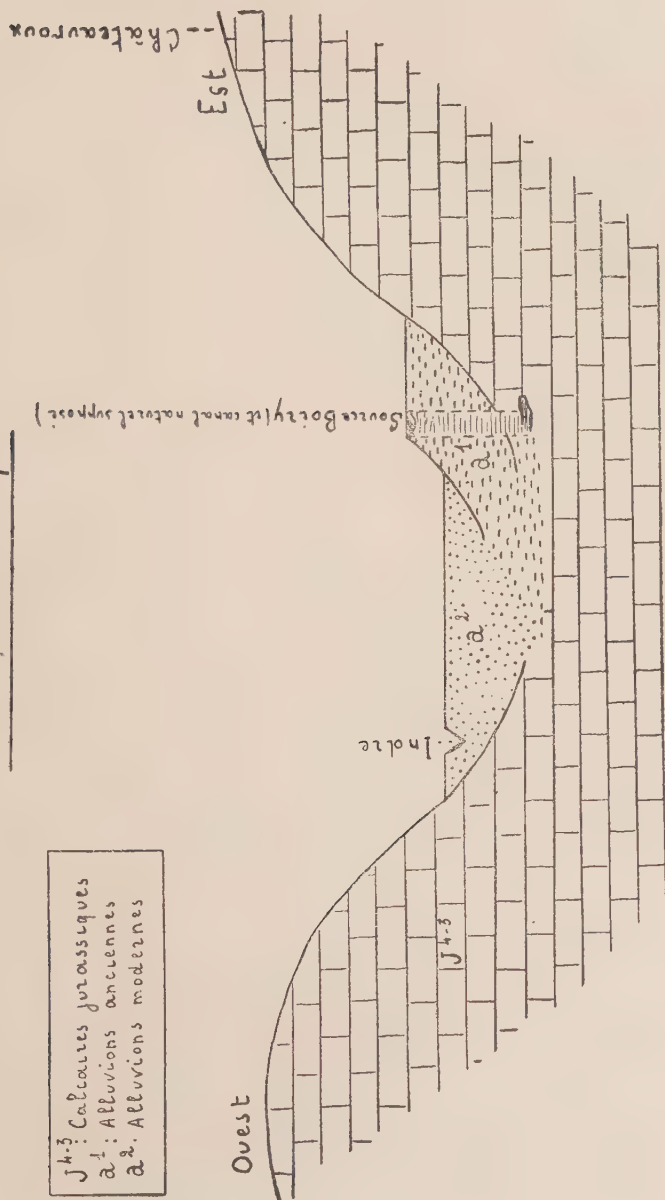
D'autre part, les analyses comparatives que nous avons effectuées pour l'Indre et pour les sources assignent à la fontaine *Boiry* une origine calcaire, strictement autonome.

C'est la seule source parmi celles étudiées qui sorte à travers les alluvions et peu au-dessus du niveau de l'Indre. Peut-être est-il permis d'esquisser ainsi son histoire : avant que les alluvions recouvrent la vallée, le ruisseau souterrain qui donne naissance à la source émergeait à la base de la falaise calcaire. Peu à peu, et très lentement, les alluvions se déposèrent, mais à mesure, la source les écartait et venait sourdre à l'extérieur. Elle se créa ainsi une sorte de canal vertical à travers les alluvions, non sans perdre, au cours de ce travail, une partie de son débit primitif. C'est à cause de cette disposition que l'on peut accroître son débit par pompage, comme l'a démontré l'expérience. Mais il serait dangereux d'augmenter la pression à la surface (en laissant s'élever le niveau dans la chambre de captage par exemple), car on risquerait alors de faire éclater les parois du canal naturel d'arrivée et de perdre définitivement la source.

C'est à la base même de la falaise calcaire qui supporte la ville de Châteauroux, entre les blocs du Jurassique j^{4-3} , que sourd la *source des Religieuses*. Elle s'écoulerait ensuite sur les alluvions modernes a^2 qui la bordent à l'Ouest, si elle n'était captée (voir le schéma 4, p. 70). Mais elle ne filtre pas comme la fontaine *Boiry* à travers ces alluvions. Quoiqu'à un point très bas de la ville, elle est en charge sur l'Indre, de 2 mètres environ. Ses eaux proviennent de courants souterrains qui trouvent peut-être leur origine à la lisière Nord de la forêt de Châteauroux. Elle aurait ainsi un vaste bassin d'alimentation, malheureusement très habité.

De même que celle des *Religieuses*, la *source de Fonts* est issue directement des calcaires jurassiques j^{4-3} . Les eaux recueillies dans un bassin s'étalent en une pièce d'eau, dans la propriété de M. Johannet et reposent alors sur des alluvions modernes a^2 (voir le schéma 5, p. 71).

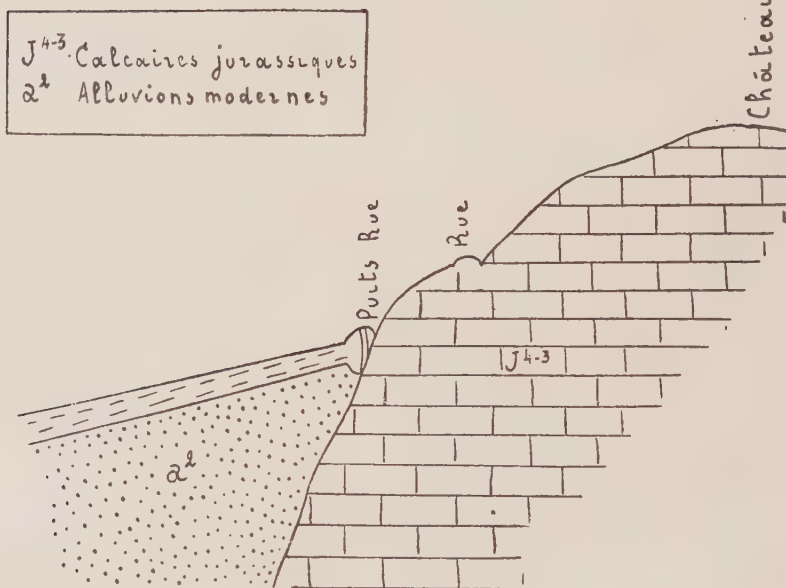
(3) Fontaine Boury



J₄₋₃: Calcaires jurassiques
a₁: Alluvions anciennes
a₂: Alluvions modernes

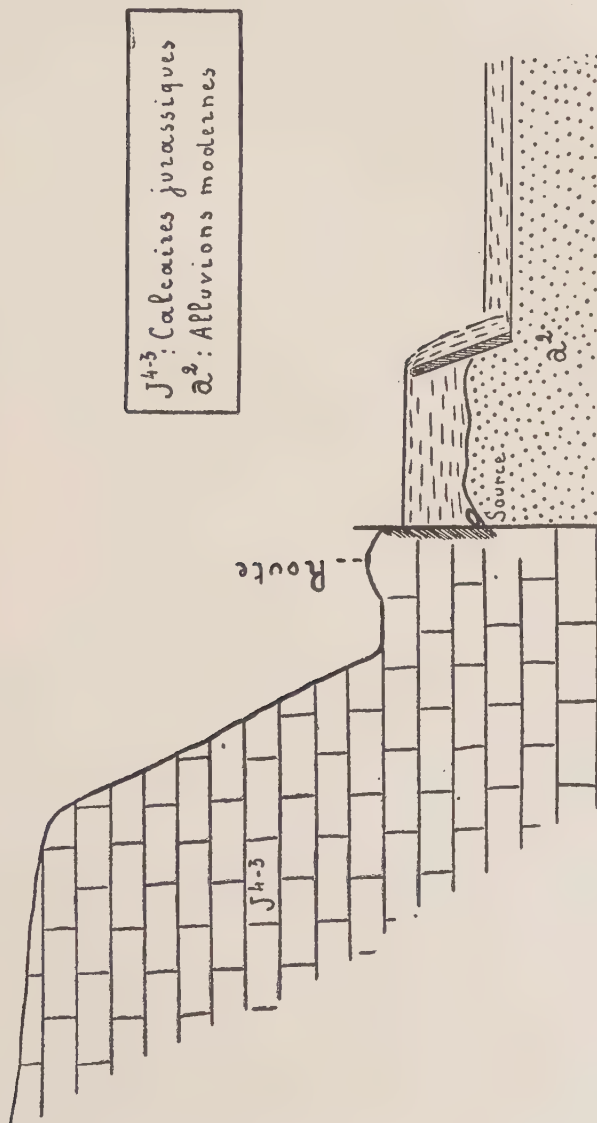
La source est à plus de deux mètres au-dessus du niveau de l'Indre.

(14) Fontaine des Religieuses

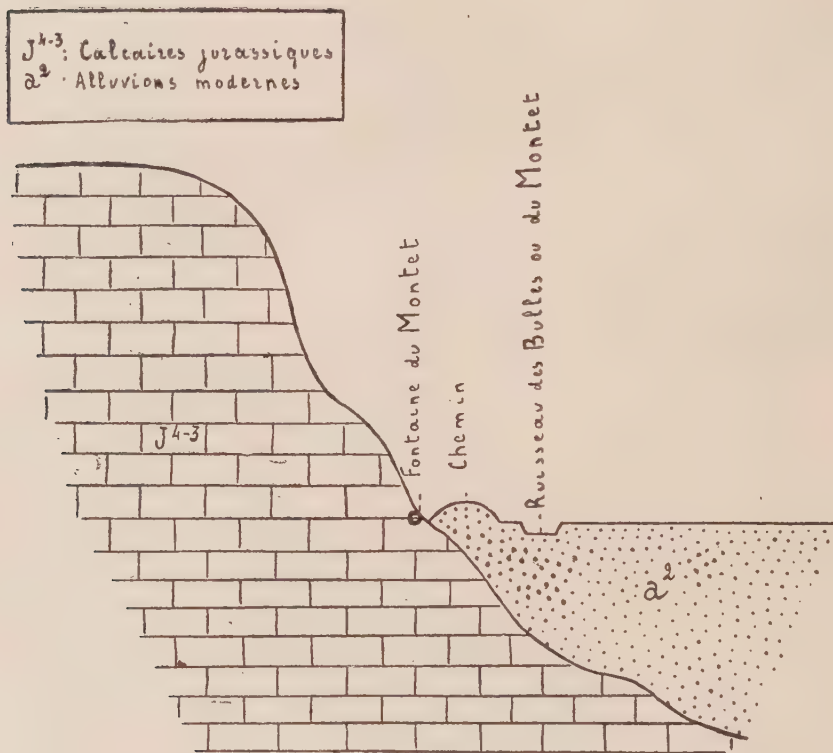


Le bassin d'alimentation de *Fonts* est certainement très vaste. M. Pourbeix l'estime à 5.000 hectares, avec un débit total (pour toutes les sources de la région de Fonts) dépassant 15.500 mètres cubes par jour. Les eaux souterraines viennent de la région du Sud-Est de Châteauroux et se dirigent vers le Sud-Ouest, en empruntant, en particulier, la pente de la Vallée de Nau. Tout le bassin environnant est peu habité. Cette direction concorde bien avec celle que nous avons cru pouvoir tirer de la comparaison de quelques puits de la région.

(5) Fontaine de Fonds



Au bas du coteau qui borde l'Indre sur sa rive droite, sourd *la fontaine du Montet*. Elle sort au fond d'une sorte de petite grotte, à la base d'un escarpement calcaire j^{4-3} , dont



(6) Fontaine du Montet

la pente est recouverte d'éboulis calcaires et de terre végétale. Née au niveau de la prairie, c'est dans cette prairie qu'elle s'écoule ensuite, sur des alluvions modernes a^2 (voir le schéma 6). Peut-être, dans quelques milliers d'années, lorsque les alluvions seront amoncelées dans la vallée, se trouvera-t-elle dans la situation de *Boiry*, ayant creusé son canal de

bas en haut, à travers les sables argileux ? Elle aussi est en charge sur l'Indre, comme « *Fonts* » et « *les Religieuses* ». C'est ce qui explique que les ruisseaux issus de toutes ces sources faisaient autrefois tourner des moulins ; au Montet, les moines de l'Abbaye de Déols avaient aménagé le ruisseau, qui actionnait leur moulin.

La fontaine du *Montet* est la source type des terrains perméables en grand. Elle est issue de ruisseaux souterrains de la Champagne, qui viennent sortir à la base d'une côte calcaire. Son bassin d'alimentation s'étend donc au Nord et au Nord-Est, probablement sur plusieurs kilomètres, mais il est très peu habité, peuplé seulement de quelques fermes isolées sur le plateau.

CHAPITRE IV

Travaux antérieurs

Les analyses antérieures ayant trait aux eaux de Châteauroux se divisent en deux groupes : Analyses chimiques, analyses bactériologiques.

Les premières sont très rares et, malgré nos recherches, nous n'avons pu en découvrir que sept, dont six contenues dans les Archives municipales.

Les analyses bactériologiques sont, par contre, plus nombreuses.

A) ANALYSES CHIMIQUES

1842. Saintour et Dansard.

La plus ancienne des recherches chimiques que nous ayons pu retrouver est une analyse datant de 1842 et exécutée par les Docteurs SAINTOUR et DANSARD. L'examen porte à la fois sur un puits qui se trouvait place de la Mairie et sur la fontaine *des Religieuses*. Les auteurs ont décrit la méthode suivie dans leur analyse, ce qui présente un certain intérêt pour l'interprétation des résultats que voici :

Puits de la place de la Mairie

Résidu : 21,00.

Sels contenus dans ce résidu :	
Hydrochlorite de chaux (chlorure) ..	11,57
Carbonate de chaux	6,27
Sulfate de chaux	0,63
Carbonate de fer	0,81
Matières organiques et pertes	1,72
	21,00

Eau de fontaine des Religieuses

Résidu : 2,20.

Sels contenus dans ce résidu :	
Hydrochlorite de chaux (chlorure) ..	1,21
Carbonate de chaux	0,72
Sulfate de chaux	0,00
Carbonate de fer	0,09
Matières organiques et pertes	0,18
	2,20

Technique.

« Nous avons fait évaporer à siccité 10 litres de l'eau du puits qui est sur la place de la Mairie (nous avons choisi cette eau comme devant être des moins bonnes). Nous avons obtenu un résidu d'un jaune gris qui, séché convenablement, pesait 21 grammes. Ce résidu attire puissamment l'humidité car, exposé à l'air dans un appartement sec pendant 48 heures, il s'est liquéfié à la consistance de sirop épais, ce qui dénote la présence d'une grande quantité de sels déliquescents et de matières organiques végétales ou animales. Pareille quantité d'eau de fontaine évaporée aussi à siccité a fourni un résidu du poids de 2 gr. 20. Ce résidu était moins coloré que le premier

et a présenté un caractère hygrométrique beaucoup moins prononcé.

« Nous avons traité parties égales d'eau de puits et de fontaine par l'oxalate d'ammoniaque. Ce réactif nous a donné un précipité très abondant d'oxalate de chaux dans l'eau de puits et beaucoup moins considérable dans l'eau de fontaine. Ces deux précipités nous ont permis de déterminer la quantité de chaux contenue dans chacune de ces eaux.

« Ces mêmes eaux privées de chaux, traitées ensuite par le nitrate d'argent, nous ont donné un précipité de chlorure d'argent, qui nous a permis d'apprécier la quantité d'acide hydrochlorique et, par suite, celle de l'hydrochlorate de chaux contenu dans chaque eau.

« Le nitrate de baryte, employé ensuite comme réactif, a décelé dans l'eau de puits la présence de l'acide sulfurique en déterminant un précipité de sulfate de baryte insoluble dans l'acide nitrique, à l'aide duquel précipité nous avons pu apprécier la quantité de sulfate de chaux. Le même réactif employé sur l'eau de fontaine n'a pas troublé sa limpidité.

« La présence du fer s'est manifestée en traitant une quantité déterminée des deux eaux par l'acide nitrique et, ensuite, par l'ammoniaque, qui a précipité le fer à l'état d'oxyde.

« Une partie du résidu, traitée par l'acide hydrochlorique étendu, a dégagé tout l'acide carbonique. La différence de poids nous a donné celui de l'acide carbonique et, ensuite, du carbonate de chaux.

« Une autre partie du résidu, traitée par la potasse, nous a fourni un dégagement d'ammoniaque qui indique la présence des matières organiques.

« Enfin, nous devons ajouter que, pour être potable, l'eau doit dissoudre le savon avec facilité et sans former de grumeaux, ce qui a lieu pour l'eau de fontaine, tandis que l'eau de puits donne un précipité grumeleux très abondant ».

1859. Ecole des Mines.

En 1859, c'est-à-dire à l'époque où la Municipalité étudiait le projet de captage et distribution d'eau pour la ville, un examen des eaux fut confié au laboratoire de l'Ecole des Mines. Cet examen porta sur trois échantillons, dont l'origine n'est pas précisée dans les feuilles de résultat des Archives municipales, qui portent seulement comme titre : « Analyse des Eaux de l'Indre et des Religieuses ».

Il nous a été possible, par recoupement, d'identifier l'échantillon n° 1, comme appartenant à la source des *Religieuses*. Pour les deux autres, prélèvements dans l'Indre d'après le titre, nous n'avons pu préciser l'origine exacte, malgré nos recherches tant aux Archives que dans les « Annales des Mines » où l'analyse n'est pas signalée.

Toutefois, nous ne pensons pas que l'échantillon n° 2 provienne de l'Indre, l'extrait sec ne paraissant pas correspondre à l'hypothèse de cette origine. Il serait plus vraisemblable, d'après les résultats de l'analyse, d'attribuer cette eau à la source *Boiry* où à un point d'eau d'origine semblable.

Quoiqu'il en soit, les résultats ont été les suivants :

	N° 1 (Religieuses)	N° 2 (?)	N° 3 (?) Indre
Résidu fixe par litre d'eau.	0 gr. 330	0 gr. 341	0 gr. 190
On a dosé par litre :			
Acide sulfurique	0 gr. 005	0 gr. 005	0 gr. 005
Acide hydrochlorique (ClH).	0 gr. 090	0 gr. 090	0 gr. 015
Acide carbonique des carbonates	0 gr. 086	0 gr. 086	0 gr. 069
Acide carbonique des bicarbonates	0 gr. 090	0 gr. 090	0 gr. 065
Silice	Traces	Traces	Traces
Oxyde de fer et alumine ..	Tr. faibl.	Tr. faibl.	Tr. faibl.
Chaux	0 gr. 110	0 gr. 119	0 gr. 085
Magnésie	0 gr. 015	0 gr. 015	0 gr. 011
Alcalis	0 gr. 010	0 gr. 010	Traces
Totaux dosés par litre	0 gr. 406	0 gr. 415	0 gr. 250

Les résultats concernant l'eau des *Religieuses* diffèrent sensiblement de ceux obtenus par SAINTOUR et DANSARD, mais il est probable que les procédés d'analyse étaient également très différents. Nous ne pouvons en juger puisque l'Ecole des Mines n'a pas communiqué les méthodes qu'elle a employées dans son examen. D'autre part, nous n'avons aucun renseignement sur la manière dont ont été effectués les prélèvements, ni sur leur date exacte (hiver-été ?).

Toutes ces raisons expliquent, sans doute, en partie au moins, les divergences constatées.

1895. Comité consultatif d'Hygiène publique de France.

En 1895, le laboratoire du Comité consultatif d'Hy-

giène publique de France a procédé à une analyse plus complète de l'eau de la source *des Religieuses* : les échantillons ont été prélevés le 18 novembre 1895 :

1° A la source ;

2° A une borne-fontaine située à la sortie du réservoir.

Il n'a été communiqué pour ces deux prélèvements qu'un résultat global qui concerne sans doute l'eau de la source.

Analyse chimique

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre.

Evaluation de la matière organique

En oxygène :	Sol. Acide	5.000
—	Sol. Alcaline	2.750
En ac-oxalique :	Sol. Acide	39.400
—	Sol. Alcaline	21.670
Oxygène dissous :	En poids	7.750
—	En volume	5 cc. 418

Recherches générales

Ammoniaque et sels ammoniacaux ..	0.25
Az-albuminoïde	0.50
Nitrites	0.
Nitrates en Azo^3H	7.5
Ac. phosphorique	Traces
Ac-sulfurique, en SO^3	Traces
Chlorure de sodium en NaCl	18.
Chlore correspondant, en Cl	11.

Analyse minérale

Résidu à 110 degrés	236.0
Résidu après calcination	214.5
Perte au rouge	21.5
Silice, en SiO^2	17.0
Chaux, en CaO	88.0
Magnésie, en MgO	12.8
Ac. sulfurique, en SO^3	Traces
Chlorure de sodium, en NaCl	18.0

Composition probable

Silice, en SiO^2	17.0
Sulfate de chaux, en SO^4Ca	Traces
Carbonate de chaux, en CO^3Ca	157.1
Carbonate de magnésie, en CO^3Mg	26.8
Chlorure de sodium, en NaCl	18.0

Hydrotimétrie

Degré hydrotimétrique total	19°.5
Degré hydrotimétrique permanent	3°.0

Parallèlement, a été menée une analyse bactériologique dont nous verrons les résultats plus loin.

**1896. Probablement Comité consultatif
d'Hygiène publique de France.**

Un examen con-
cernant la source
Boiry sur des

échantillons prélevés le 28 octobre 1896, se trouve également dans les Archives municipales. Cet examen ne porte pas d'indication quant à sa provenance. Il est cependant très probable qu'il émane, comme le précédent, du Laboratoire du Comité consultatif d'Hygiène publique de France.

SOURCE BOIRY

Echantillons prélevés le 28 octobre 1896 :

Analyse chimique

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre.

Evaluation de la matière organique

En oxygène :	Solution Acide ..	0.500
—	Sol. Alcaline	0.750
En acide oxalique :	Sol. Acide	3.940
$C^2O^4H^2 + 2H^2O$	Sol. Alcaline	5.910

Oxygène dissous

1° En poids	10.250
2° En volume	7 cc. 166

Recherches générales

Ammoniac et sels ammoniacaux	0
Az-albuminoïde	4
Nitrites	0.
Nitrates en AzO^3H	31.8
Acide phosphorique	Traces très faibles
Ac. sulfurique, en SO^3	7.5
Chlorure de sodium, en NaCl	19.2
Chlore, en Cl	11.6

Analyse minérale

Résidu à 110 degrés	325.2
Résidu après calcination	281.0
Perte au rouge	44.2
Silice en SiO^2	12.0
Chaux, en CaO	126.8
Magnésie, en MgO	11.9
Ac. sulfurique, en SO^3	7.5
Chlorure de sodium, en NaCl	19.2

Composition probable

Silice en SiO^2	12.0
Sulfate de chaux, en SO^4Ca	12.7
Carbonate de chaux, en CO^3Ca	192.0
Carbonate de magnésie, en CO^3Mg	25.0
Chlorure de sodium, en NaCl	19.2
Nitrate de Chaux, en $(\text{AzO}^3)^2\text{Ca}$	41.3

Hydrotimétrie

Degré hydrotimétrique total	25°.0
Degré hydrotimétrique permanent	5°.5

**1911. Conseil supérieur d'Hygiène
publique de France.**

Il nous a encore été
permis de retrouver
des examens re-

montant à 1911. Il s'agit cette fois d'un examen du Laboratoire du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France. Il porte sur les sources *Boiry* et *des Religieuses* et sur des prélèvements effectués le 7 novembre 1911.

Malheureusement les résultats visent seulement la potabilité et sont très incomplets au point de vue composition de l'eau, puisqu'on ne trouve aucun chiffre concernant les déterminations :

Résidu à 110 degrés ; résidu après calcination ; silice ; chaux ; magnésie ; sulfate de chaux ; carbonate de chaux ; carbonate de magnésie.

Nous reproduisons donc seulement les résultats effectifs de cette recherche.

L'examen bactériologique qui est annexé à ces analyses sera reproduit au chapitre « bactériologie ».

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR	RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
LABORATOIRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR D'HYGIÈNE PUBLIQUE DE FRANCE	VILLE DE CHATEAUROUX (INDRE)
52, boulevard Montparnasse	Paris, le 31 décembre 1911
ANALYSE N° 4.233	I. — FONTAINE BOIRY
Prélèvements effectués le 7 novembre 1911	Résultats des analyses des eaux servant à l'alimentation publique

Analyse chimique

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.

Evaluation de la matière organique :

1° En oxygène :	Solution acide	0.750
—	Solution alcaline	0.750
2° En acide oxalique :	Solution acide	5.910
$C^2O^4H^2 + 2 H^2O$	Solution alcaline	5.910
Oxygène dissous :	1° En poids	8.500
—	2° En volume	5.940

Recherches générales

Azote ammoniacal	0
Azote organique	0
Nitrites	0

Nitrates, en AzO^3H	26.7
Acide phosphorique	0
Acide sulfurique, en SO^3	5.4
Chlorure de sodium, en NaCl	18.0
Chlore correspondant, en Cl	10.9

Analyse minérale

Acide sulfurique, en SO^3	5.4
Acide nitrique, en AzO^3H	26.7
Chlore, en Cl	10.9

Composition probable

Chlorure de sodium, en NaCl	18.0
--	------

Hydrotimétrie et Alcalimétrie

Degré hydrotimétrique total	22 d. 0
Degré hydrotimétrique permanent	4 d. 0
Alcalimétrie, en CO^3Ca	204.0

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

LABORATOIRE DU CONSEIL
SUPÉRIEUR D'HYGIÈNE
PUBLIQUE DE FRANCE

VILLE DE CHATEAUROUX
(INDRE)

52, boulevard Montparnasse

Paris, le 31 décembre 1911

ANALYSE N° 4.234

II. — FONTAINE
DES RELIGIEUSES

Prélèvements effectués
le 7 novembre 1911

Résultats des analyses des eaux
servant à
l'alimentation publique

Analyse chimique

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.

Evaluation de la matière organique :

1° En oxygène :	Solution acide	1.250
—	Solution alcaline	1.250
2° En acide oxalique :	Solution acide	9.850
$C^2O^4H^2 + 2 H^2O$	Solution alcaline	9.850
Oxygène dissous :	1° En poids	7.750
—	2° En volume	5.418

Recherches générales

Azote ammoniacal	0
Azote organique	0
Nitrites	0
Nitrates, en AzO^3H	15.9
Acide phosphorique	0
Acide sulfurique, en SO^3	15.0
Chlorure de sodium, en NaCl	18.0
Chlore correspondant, en Cl	10.9

Analyse minérale

Acide sulfurique, en SO^3	15.0
Acide nitrique, en AzO^3H	15.9
Chlore, en Cl	10.9

Composition probable

Chlorure de sodium, en NaCl	18.0
-----------------------------------	------

Hydrotimétrie et Alcalimétrie

Degré hydrotimétrique total	20 d. 0
Degré hydrotimétrique permanent	5 d. 0
Alcalimétrie, en CO^3Ca	188.0

**1911-1912. Commission météorologique
de l'Indre.**

Il existe, dans
les Archives des
Ponts et Chaussées,

un rapport très intéressant de MM. ALLA et PERON, membres de la Commission météorologique de l'Indre.

Ce rapport, quoique non daté, a vraisemblablement été publié en 1912 et a pour titre : « *De l'influence des pluies sur la région et la composition de quelques eaux souterraines* ». Son intérêt réside principalement dans le fait que les auteurs ont suivi les variations mensuelles des sources étudiées, pendant un an, en se bornant d'ailleurs à quelques déterminations.

COMMISSION MÉTÉOROLOGIQUE DE L'INDRE

« De l'influence des pluies sur la région et la composition de quelques eaux souterraines.

« *Rapport de MM. ALLA et PERON*

« Cinq sources ont été étudiées pendant une année, de mai 1911 à avril 1912, par prélèvement mensuel :

« 1° *La fontaine du Montet*, située au delà de Déols, à droite de la route d'Issoudun, au pied du coteau touchant la prairie, une des nombreuses sources dont l'ensemble donne naissance à la petite rivière du Montet ;

« 2° *La fontaine Saint-Germain*, sur la rive gauche de l'Indre, un peu en amont du pont de Déols ;

« 3° *La fontaine de la Cure de Déols* ;

« 4° *La fontaine des Religieuses*, captée en bas de la ruelle qui longe la Gendarmerie à droite ;

« 5° *La fontaine Boiry*, située dans les jardins maraîchers de Belle-Isle.

« En dehors du débit, pour la mesure duquel aucune expérience n'a été faite, les divers caractères étudiés présentent dans les cinq sources une constance remarquable ».

Nous négligerons les *fontaines Saint-Germain et de la Cure de Déols*, sans intérêt pour nous, pour retenir les trois autres.

« *Température.* — Les températures observées sont comprises entre 12°,5 et 13 degrés pour le *Montet* » (ainsi que *Saint-Germain et de la Cure*).

« Celles de la fontaine *Boiry* et des *Religieuses* varient dans des limites un peu plus étendues : 12°,5 à 14 degrés, mais les prélèvements ayant été faits sur les canalisations et non à la source même, les chiffres observés perdent beaucoup de leur valeur.

« *Degré hydrotimétrique.* — Varie peu. De 24 à 26 degrés, suivant la saison pour le *Montet* et la fontaine des *Religieuses* (et *Saint-Germain*).

« Celui de la source *Boiry* (et *de la Cure*) oscille entre 26 et 28 degrés.

« *Chlorures.* — La teneur en chlorures (évalués en chlore) présente le même parallélisme que le degré hydrotimétrique entre le *Montet* (la fontaine *Saint-Germain*) et celle des *Religieuses*.

« L'amplitude des différences observées atteint 2^{mg} 5.

« Avec la fontaine *Boiry* (et *de la Cure*), les écarts entre les chiffres extrêmes sont de 3,69 pour *Boiry*.

« Les variations observées dans la proportion des nitrates sont sensiblement les mêmes pour quatre des sources étudiées (dont *Religieuses et le Montet*). Les différences maximales sont comprises entre 9 et 11 milligrammes.

« La fontaine *Boiry* seule se sépare nettement des autres, et se montre, en général, plus chargée en nitrates aussi bien qu'en chlorures.

« L'explication de ce fait se trouve dans la situation de la sources au milieu de terrains maraîchers (alluvions copieu-

sement fumées en toute saison). A la suite des pluies abondantes, l'eau de la nappe continue, plus riche en sels solubles, pénètre dans la source, augmentant ainsi les proportions des chlorures et des nitrates, et comme conséquence, le degré hydrotimétrique.

« De l'ensemble de ces chiffres observés, il est permis de conclure :

« 1° Que les pluies ne semblent pas exercer d'influence appréciable sur quatre des sources étudiées ;

« 2° Que celle du *Montet* (et de *Saint-Germain*) présente les caractères de source véritable : limpidité, température, et composition sensiblement constantes ;

« 3° Que les fontaines *Boiry* et des *Religieuses* sont également de vraies sources, mais sont insuffisamment protégées contre l'envahissement des eaux étrangères.

« A) La source *Boiry*, tout en conservant sa limpidité, reçoit les eaux de drainage des terrains environnants de nature sableuse.

« B) La fontaine des *Religieuses* reçoit des eaux superficielles, ainsi qu'en témoigne le trouble observé, à la suite de chaque pluie un peu abondante ».

Les auteurs assignent ensuite une origine commune à la source du *Montet* et à la fontaine *Saint-Germain*, puis ils passent à l'étude des eaux de huit puits, étude que nous laisserons de côté.

MM. ALLA et PERON font suivre leur rapport de tableaux indiquant les résultats qu'ils ont obtenus et même de courbes traduisant ces résultats.

Il nous a semblé intéressant de transcrire, au moins, les tableaux intéressant les sources du *Montet*, de *Boiry* et des *Religieuses*.

Pluie tombée dans les 30 jours précédant le prélèvement :

Au 2 mai 1911	35 mm. 70
Au 10 juin	55 mm. 60
Au 6 juillet	74 mm. 60
Au 3 août	13 mm. 00
Au 15 septembre	26 mm. 00
Au 16 octobre	36 mm. 90
Au 9 novembre	155 mm. 40
Au 11 décembre	111 mm. 10
Au 26 février 1912	76 mm. 50
Au 15 mars	76 mm. 50
Au 19 avril	111 mm. 50

Fontaine du Montet

DATE DU PRÉLÈVEMENT	TEMPÉRATURE DE L'EAU	TITRE HYDROTIMÉTRIQUE		CHLORE	ACIDE NITRIQUE
		TOTAL	PERMANENT		
1911					
2 Mai.....	13°	24°	4°	8 ^m 4	11 ^m 57
10 Juin.....	13°	23°	6°	10 ^m 03	17 ^m 55
6 Juillet.....	13° faible	24°	5°25	9 ^m 58	16 ^m 56
3 Août.....	13°	26°	4°5	9 ^m 23	22 ^m 68
15 Septembre...	13°	26°	5°	9 ^m 23	18 ^m 2
16 Octobre.....	13°	24°	5°	9 ^m 94	18 ^m 67
9 Novembre ...	12°5	24°	4°5	9 ^m 23	15 ^m 88
11 Décembre....	12°5	26°	5°	9 ^m 94	16 ^m 66
1912					
26 Février.....		25°	5°	10 ^m 65	15 ^m 87
15 Mars.....	12°5	26°	5°5	8 ^m 52	17 ^m 01
19 Avril.....	13°	26°	5°	10 ^m 65	17 ^m 22

Fontaine des Religieuses

DATE DU PRÉLÈVEMENT	TEMPÉRATURE DE L'EAU	TITRE HYDROTIMÉTRIQUE		CHLORE	ACIDE NITRIQUE
		TOTAL	PERMANENT		
1911					
2 Mai.....	13°	23°5	5°	10 ^m 61	11 ^m 65
10 Juin.....	14°	26°	4°5	10 ^m 72	11 ^m 62
6 Juillet.....	15°	26°	4°5	11 ^m 36	10 ^m 67
3 Août.....	14°	26°	4°	10 ^m 65	19 ^m 84
15 Septembre....	14°	26°	4°5	10 ^m 65	13 ^m 61
16 Octobre.....	14°	24°	4°5	10 ^m 65	10 ^m 58
9 Novembre....	13°	24°	4°5	9 ^m 94	10 ^m 58
11 Décembre....	12°5	24°	4°5	12 ^m 07	13 ^m 21
1912					
26 Février.....		25°	5°	10 ^m 65	15 ^m 11
15 Mars.....	13°	26°	5°5	10 ^m 65	17 ^m 01
19 Avril.....	13°	26°	5°	10 ^m 65	13 ^m 46

Fontaine Boiry

DATE DU PRÉLÈVEMENT	TEMPÉRATURE DE L'EAU	TITRE HYDROTIMÉTRIQUE		CHLORE	ACIDE NITRIQUE
		TOTAL	PERMANENT		
1911					
2 Mai.....	12°	24°5	4°5	8 ^m 68	9 ^m 9
10 Juin.....	12°5	27°	5°5	12 ^m 06	19 ^m 7
6 Juillet.....	13°3	25°	5°5	10 ^m 65	18 ^m 5
3 Août.....	13°5	26°	5°	10 ^m 65	18 ^m 68
15 Septembre....	14°	26°	5°	10 ^m 65	17 ^m 5
16 Octobre.....	13°5	25°	5°5	12 ^m 07	21 ^m 02
9 Novembre....	12°5	25°	6°	13 ^m 49	22 ^m 68
11 Décembre....	12°	28°	7°	17 ^m 04	25 ^m 41
1912					
26 Février.....		26°5	6°	14°20	17 ^m 64
15 Mars.....	11°5	27°	6°5	13 ^m 49	22 ^m 05
19 Avril.....	12°2	27°	5°	10 ^m 65	20 ^m 66

**1937. Laboratoire de Contrôle
des Eaux de la Ville de Paris.**

En 1937 enfin, à la
suite de l'installation
des nouvelles batteries

filtrantes, des analyses ont été pratiquées par le Laboratoire
de Contrôle des Eaux de la Ville de Paris.

Les recherches portant sur les échantillons prélevés le 16
avril 1937 dans la conduite d'aménée des sources, ont donné
les résultats suivants (exprimés en milligrammes et par litre) :

	<i>Boiry</i>	<i>Religieuses</i>
Matières organiques (en Oxygène),	0,70	0,80
Alcalinité (en CaO)	122	122
Nitrites (en Az nitreux)	traces	lég. traces
Nitrates (en Az nitrique)	8	5
Chlore des chlorures (en Cl)	14	12
Azote ammoniacal	0	0

Comme on le voit à la lecture de ces examens, les résultats
ne concordent pas toujours exactement entre eux. Peut-on
s'en étonner si l'on considère la diversité des techniques utili-
sées de 1840 à nos jours ?

D'autre part, il est bien permis de penser que la minérali-
sation des sources n'est pas restée constante pendant presque un
siècle, puisque, comme nous l'indiquerons, les divers élé-
ments varient au cours de l'année dans de plus ou moins
grandes proportions.

B) ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES

La qualité bactériologique des eaux de Châteauroux sem-
ble avoir suscité plus d'inquiétude que leur composition chi-
mique, si l'on en juge par la fréquence des examens bacté-
riologiques pratiqués sur ces eaux. Nous avons pu réunir, aux
Archives municipales du Bureau d'Hygiène, un assez grand
nombre de ces analyses. Leurs résultats, dans l'ensemble, con-

cordent d'ailleurs beaucoup mieux entre eux que ceux des analyses chimiques, tout au moins dans leurs conclusions.

Nous allons rappeler ces divers examens par ordre chronologique.

**1895. Comité consultatif d'Hygiène
publique de France.**

Examen concernant la *source des Religieuses* et provenant de l'analyse du Laboratoire du Comité consultatif d'Hygiène publique de France :

« 1° *Eau prise à la source des Religieuses*

Numération : Cette eau renferme 2.280 germes aérobies par centimètre cube.

Numération effectuée 12 jours après ensemencement.

Spécification : *Mucor mucedo*, *Leptothrix*, *Cladothrix dichotoma*, Levure blanche, *Micrococcus aquatilis*, *Micrococcus ureæ*, *Bacterium termo*, *Bacillus fluorescens liquefaciens*, *Bacillus aureus*, *B. coeruleus*, *B. pyocyaneus*.

Présence du Colibacille.

« 2° *Eau prise à la borne-fontaine*
située à la sortie des réservoirs.

Numération : 1.523 germes aréobies par centimètre cube.

Numération effectuée 12 jours après ensemencement.

Spécification : les mêmes espèces que celles signalées dans les échantillons précédents.

« *Conclusions*

Eau de très mauvaise qualité : souillée par infiltrations d'eaux superficielles, renfermant des matières fécales, des fumiers, etc.

A rejeter dans l'alimentation. »

**1896. Probablement Comité
consultatif
d'Hygiène publique.**

Examen de l'eau de la
source Boiry, sur échan-
tillons prélevés le 28 oc-
tobre 1896. Fait suite

comme le précédent à l'analyse chimique correspondante.

« Numération : Cette eau renferme 1.540 germes aérobies par centimètre cube.

Numération effectuée 17 jours après ensemencement.

« Spécification : Levure blanche, Levure rose, Micrococcus aquatilis, M. ruber, M. luteus, M. versicolor, Bacillus subtilis, Bacterium termo, Bac. fluorescens non liquefaciens, B. albus, B. mesentericus vulgatus, B. mesentericus ruber.

« La recherche spéciale des espèces pathogènes ou suspectes a donné des résultats négatifs.

« Conclusions

Eau d'assez bonne qualité. »

1897. Hôpital militaire de Rennes.

Examen du Labo-
ratoire de Bacté-

riologie de l'Hôpital militaire de Rennes.

Cet examen a été pratiqué à la suite d'une petite épidémie de typhoïde.

HÔPITAL MILITAIRE DE RENNES

LABORATOIRE DE
BACTÉRIOLOGIE

Analyse bactériologique
de l'eau de Châteauroux

Echantillons arrivés en bon état le 15 mars 1897.

« I. — Borne-fontaine de la ville (eau non filtrée) ;
1.458 germes aérobies par centimètre cube.

Ce chiffre est inférieur à la réalité, la liquéfaction de la gélatine ayant interrompu la numération au septième jour.

« Les bactéries isolées appartiennent à de nombreuses espèces, parmi lesquelles se rencontrent les agents de putréfaction (*B. fluorescens*, *bacterium termo*, etc.).

« De plus, les recherches ont montré l'existence dans cette eau d'une quantité notable de *bactérium coli*, pathogène pour les animaux de laboratoire et doué d'une virulence excessive.

« Le Bacille d'Eberth n'a pas été rencontré.

« Eau très mauvaise.

« II. — Borne-fontaine de la Caserne Bertrand (eau non filtrée) ;

1.890 germes aérobies par centimètre cube.

Chiffre inférieur à la réalité, la liquéfaction de la gélatine étant survenue le septième jour.

Les espèces isolées sont identiques à celles de l'échantillon précédent. Le même *bacterium coli* a été retrouvé. Le *B. d'Eberth* n'a pas été rencontré.

Eau très mauvaise.

« III. — Eau recueillie aux filtres Chamberland de la Caserne Bertrand (gauche). Moins de 50 germes aérobies par centimètre cube.

Lesensemencements portant sur un centimètre cube d'eau donnent quelques colonies toutes constituées par un coccus blanc, non liquéfiant, et qui provient probablement de l'atmosphère.

Eau très pure.

« IV. — Eau recueillie aux filtres Chamberland de la Caserne Bertrand (bâtiment de droite).

Environ 500 germes aérobies par centimètre cube.

Lesensemencements donnent quelques colonies constituées exclusivement par deux espèces microbiennes, un coccus blanc et un jaune, non liquéfiant, et provenant probablement de l'atmosphère.

Eau très pure. »

Signé : BESON. »

Par la suite, un certain nombre d'analyses réclamées par l'Autorité militaire indiquent une eau pure, sans beaucoup de détails.

1906. Hôpital militaire de Rennes.

Laboratoire de bactériologie de l'Hôpital militaire de Rennes.

Rennes, le 12 octobre 1906

« Compte rendu de l'analyse bactériologique de l'eau de Châteauroux.

Date de la réception des échantillons : 17 septembre 1906.

Température de l'eau à la réception : plus 10 degrés.

« Échantillons 1 et 2 (robinets de la canalisation de la ville et de la caserne Bertrand).

La numération exacte des bactéries contenues par centimètre cube dans ces deux échantillons est impossible, tellement est grand le nombre de colonies sur plaques de gélatine. Ces eaux sont, de plus, gravement contaminées par les espèces pathogènes ou putrides suivantes :

B. Coli. — Extrêmement abondant. L'ensemencement de un centimètre cube d'eau en bouillon de Savage donne la réaction caractéristique en 14 heures.

B. termo.

B. fluorescent liquéfiant.

Entérocoque.

M. flavus liquéfiant.

Odeur très fétide des plaques de gélatine.

Eaux polluées par les bactéries des matières fécales.

Dangereuses pour l'alimentation.

« Échantillons 3 et 4. Filtres des bâtiments E. et N.

Les plaques de gélatine sont criblées de colonies appartenant à deux espèces microbiennes, les mêmes pour les deux échantillons.

1° *M. flavus liquéfiant.*

2° *M. aquitilis.*

« Pas de bactéries pathogènes ou putrides. Cette eau n'est pas dangereuse pour l'alimentation puisqu'elle ne renferme pas d'espèces nuisibles. Toutefois la quantité anormale de bactéries que renferment ces deux échantillons ne peut vraisemblablement provenir que de la pullulation des microbes dans l'eau filtrée, par suite d'une souillure accidentelle de cette eau. Propreté des cruches et bon fonctionnement des filtres à surveiller.

Le Médecin-Major.

III. »

1907. Hôpital militaire de Rennes.

Même laboratoire
que le précédent

examen.

« Analyse bactériologique de l'eau de Châteauroux. 9° Escadron du Train.

30 avril 1907

Date de la réception des échantillons : 4 avril.

Température de l'eau à la réception : dans la glace.

« *Echantillon n° 1 avant épuration :*

« 1.600 B. aérobies par centimètre cube.

Chiffre exact.

Espèces isolées : *L. rose* (abondante).

— *Levure blanche.*

— *B. flavus liq.*

— *C. candicans.*

— *B. ferrugineux.*

Pas de bactéries putrides ni pathogènes.

Eau médiocre.

« *Echantillon n° 2. Eau filtrée.*

Aucune colonie sur les plaques de gélatineensemencées.

Eau excellente. »

Val-de-Grâce, 7 octobre 1907.

Laboratoire du Val-de-Grâce. La provenance exacte des prélèvements n'est pas indiquée. Il s'agit vraisemblablement de la caserne Bertrand.

« Paris, le 7 octobre 1907

« Compte rendu de l'analyse bactériologique de l'eau de Châteauroux.

Date de la réception des échantillons : 6 septembre 1907.

Température de l'eau à la réception : 0 degré.

« *Echantillon 1* : L'ensemencement de cette eau sur plaques de gélatine a donné une proportion de 815 bactéries aérobies et 75 moisissures par centimètre cube. Les micro-organismes identifiés ont été les suivants :

B. albus liquefaciens.

B. luteus.

M. flavus.

M. aquatilis.

M. brunneus.

Sarcina livida.

Ces bactéries sont de nature saprophytique et inoffensive.

Les recherches effectuées en vue d'isoler le B. Coli, le B. typhique et les germes anaérobies ont donné des résultats négatifs. Cette eau était *d'assez bonne qualité* à la date à laquelle elle a été prélevée.

« *Echantillon II* : Il a été compté, dans un centimètre cube de cette eau, 122 bactéries aérobies, 0 anaérobie strict, 28 moisissures. Les espèces identifiées, toutes banales, ont été les suivantes :

B. albus.

M. subflavus liquefaciens.

M. concentricus.

Cette eau ne renfermait ni *B. coli*, ni *B. typhique*. Il n'a pas poussé de spirilles en milieu pepto-gélo sel.

Cette eau était de *très bonne qualité* à la date à laquelle elle a été prélevée. »

Laboratoire du Val-de-Grâce.

20 octobre 1907.

L'origine de l'eau est encore inconnue. Elle provient sans doute

d'une borne-fontaine d'une caserne de Châteauroux (Bertrand ou Ruby).

« Analyse bactériologique de l'eau de Châteauroux.

Date de la réception des échantillons : 3 octobre 1907.

Température de l'eau à la réception : 0 degré.

« La liquéfaction précoce des plaques de gélatine a arrêté au cinquième jour la numération des bactéries aérobies contenues dans cette eau. A cette date, le nombre des colonies développées était de 4785, ce qui, d'après les tables de Miquel, correspond à une valeur approximative de 9029 bactéries aérobies par centimètre cube.

Les espèces identifiées ont été les suivantes :

B. coli communis (1.000 par litre).

B. proteus vulgaris.

B. albus putridus.

B. flavus putridus.

B. subflavus liquefaciens.

M. luteus.

« Les cultures dégageaient une odeur de putréfaction. Les recherches effectuées en vue d'isoler le *B. typhique*, les espèces similaires et les germes anaérobies ont donné des résultats négatifs.

« Néanmoins, cette eau présente une teneur élevée en germes, parmi lesquels se rencontrent le *B. coli* et les agents de putréfaction.

« Cette eau était de *très mauvaise qualité* à la date à laquelle elle a été prélevée. »

1908. Hôpital militaire de Rennes.

12 janvier 1908.

« Laboratoire de Bactériologie de l'Hôpital militaire de Rennes.

Analyse bactériologique de l'eau de Châteauroux.

« Date de la réception des échantillons : 30 novembre 1907.

Température de l'eau à la réception : dans la glace.

A. — Eau brute : 150 B. aérobies par centimètre cube.
Chiffre exact.

B. — Eau filtrée : 200 B. aérobies par centimètre cube.
Chiffre exact.

Espèces isolées : A. — C. Candicans.

— C. Blanc liquéfiant.

— B. — C. Candicans.

Pas de B. Coli. Pas de germes putrides. Eau très bonne. »

**1911. Conseil supérieur d'Hygiène
publique de France.**

31 décembre 1911.

« Laboratoire du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France.

Analyse n° 4.233 (chimique et bactériologique).

« Source Boiry :

Prélèvements effectués le 7 novembre 1911.

Numération : Cette eau renferme 271 germes par centimètre cube.

La numération est effectuée 30 jours après les ensemencements.

Spécification : *Bacillus flavus*, *B. fluorescens liquefaciens*, *B. luteus*, *B. mycoides*, Bactéries putrides, Colibacille.

Conclusions : Eau souillée par infiltrations d'eaux superficielles. »

Même date .

« Laboratoire du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France.

Analyse n° 4.234 (chimique et bactériologique).

« *Source des Religieuses* :

Prélèvements effectués le 7 novembre 1911.

Numération : Cette eau renferme 260 germes par centimètre cube.

La numération est effectuée 30 jours après les ensemencements.

Spécification : *Micrococcus luteus*, *M. roseus*, *M. ruber*, *Bacillus albus*, *B. fluorescens liquefaciens*, Bactéries putrides, Coli-bacille.

Conclusions : Eau souillée par infiltrations d'eaux superficielles. »

Enfin, le laboratoire de la Station agronomique de l'Indre a pratiqué, ces dernières années, une série d'analyses systématiques au point de vue de la bactériologie des eaux d'alimentation :

Station agronomique de l'Indre

24 mars 1926.

« *Source Boiry* :

Titre hydrotimérique total	22°,5
Nombre de bactéries au centimètre cube :	800
Espèces banales :	

B. flavus liquefaciens.

Micrococcus aquatilis.

M. roseus.

M. aurantiacus, etc.

Moisissures.

Recherche du Colibacille :

Négatif à 1, 2, 3, 4, 5 centimètres cubes.

Positif à 10 centimètres cubes.

Trop de Coli. »

12 avril 1926.

« *Source des Religieuses :*

Titre hydrotimétrique total 22°,5

Nombre de bactéries au centimètre cube : 180

Espèces banales :

B. flavus liquefaciens.

Micrococcus roseus.

Micrococcus aurantiacus, etc.

Recherche du Colibacille :

Négatif à 1, 2, 3, 4, 5, 10 centimètres cubes.

Positif à 20 centimètres cubes.

Trop de Coli. »

12 avril 1926.

« *Borne-fontaine :*

Titre hydrotimétrique total 22°,5

Nombre de bactéries au centimètre cube : 600

Espèces banales :

B. flavus liquefaciens.

Micrococcus aquatilis.

Micrococcus roseus.

Micrococcus aurantiacus, etc.

Moisissures.

Colibacille :

Négatif à 1, 2, 3, 4, 5 centimètres cubes.

Positif à 10 centimètres cubes.

Trop de Coli. Qualité médiocre. »

26 mai 1928.

« Colibacille :

Religieuses : Plus de 1.000

Boiry : Plus de 300

Jardin public : Plus de 360

Contamination importante. »

Août 1928.

« Fontaine publique :

Bacille coli : plus de 800 par litre.

Indol 1/20.000.

Réaction du rouge neutre : +

« Boiry :

B. Coli : plus de 1.000 au litre.

Indol 1/20.000.

Réaction du rouge neutre : +

« Jardin public :

Bacille Coli : plus de 800 au litre.

Indol 1/20.000.

Réaction du rouge neutre : + »

16 avril 1929.

« Eau prise au déversoir avant javellisation : plus de 200 coli au litre.

Eau prise à l'usine après javellisation : Néant.

Eau prise au laboratoire après javellisation : Néant. »

30 avril 1929.

« Eau prise au déversoir avant javellisation : 140 coli au litre.

Eau prise à l'usine après javellisation : Néant.

Eau prise au laboratoire après javellisation : Néant. »

1^{er} juin 1929.

« Eau prise au déversoir avant javellisation : plus de 200 coli au litre.

Eau prise à l'usine après javellisation : Néant.

Eau prise au laboratoire après javellisation : Néant. »

27 juin 1929.

« Eau prise au déversoir avant javellisation : 40 coli au litre.

Eau prise à l'usine après javellisation : Néant, odeur putride des cultures.

Eau prise au laboratoire après javellisation : Néant. »

10 août 1929.

« Coli-Bacille : 40 au litre, odeur putride des cultures. Effilures mal nettoyées. »

3 septembre 1929.

« Coli-Bacille : Néant. »

28 octobre 1929.

« Coli-Bacille : Néant. »

28 novembre 1929.

« Coli-Bacille : Néant. »

ANNÉE 1931

13 janvier	0	Bacilles	Coli
9 février	0	—	—
23 mars	20	—	—
17 avril	40	—	—
20 mai	0	—	—
17 juin	20	—	—
16 juillet	40	—	—
3 août	0	—	—
21 septembre	0	—	—
9 octobre	0	—	—
9 novembre	0	—	—

15 mars 1932.

80 Bacilles Coli (infiltrations superficielles).

18 avril 1932.

20 Bacilles Coli au litre.

ANNÉE 1933

	<i>Germes par c. c.</i>	<i>B. Coli par litre</i>
15 janvier	40	0
5 février	60	40
4 mars	664	Présence-eau trouble
2 avril	26	0
4 mai	50	0
20 juin	230	80-Eau trouble
22 juin	90	0
27 octobre	40	0
5 novembre	98	60-Eau trouble
23 novembre	35	0
8 décembre	26	0
24 décembre	23	20

Avril 1934.

40 Bacilles Coli au litre et eau limpide.

Bien que la provenance des échantillons soumis à ces dernières analyses ne soit pas indiquée sur les copies que nous avons pu consulter, il est très vraisemblable qu'il s'agit d'eau prélevée à un robinet du laboratoire de la Station agronomique.

**Laboratoire de contrôle des Eaux
de la Ville de Paris. 16 avril 1937.**

Examen du Labora-
toire de Contrôle des
Eaux de la Ville de

Paris (examen joint à l'analyse chimique de la même date).

Cet examen porte sur des échantillons prélevés dans la conduite d'amenée des sources, donc *avant filtration et épuration* :

« Numération totale des espèces :

	Boiry	Religieuses
Nombre de germes renfermés par centimètre cube :		
Colonies non liquéfiantes	2.220	3.100
Colonies liquéfiantes	80	300
Bacterium Coli communis par litre ..	400	900
Bactéries putrides par litre	0	0
Micrococcus Enteritis (Entérocoque) par litre	100	400
Germes producteurs d'hydrogène sul- furé par litre	120	200 »

A la même date, l'eau provenant du passage sur les batteries filtrantes et après épuration à l'hypochlorite ne contenait *aucun coli-bacille*. Donc, et se sera notre conclusion, l'installation des appareils de chloration de l'eau servant à l'alimentation de la ville donne toutes garanties en ce qui concerne l'épuration. *En bon état de fonctionnement et convenablement réglés*, ces appareils livrent à la consommation une eau de bonne qualité bactériologique.

CHAPITRE V

Techniques utilisées pour l'Analyse chimique

Description - Vérifications

Ions calcium et magnésium

Le dosage du calcium en présence de quantités appréciables de magnésium présente une difficulté réelle : celle de séparer complètement l'ion calcium de l'ion magnésium. Il n'est pour s'en rendre compte, que de constater les écarts obtenus dans les analyses ayant trait à ces deux ions et, dans notre cas particulier, dans les quelques analyses antérieures effectuées sur les eaux de Châteauroux.

La méthode classique de dosage du calcium, qui consiste à précipiter le calcium en milieu ammoniacal sous forme d'oxalate de calcium, par l'oxalate d'ammonium, s'applique fort bien aux solutions contenant uniquement des sels de calcium. Il n'en est plus de même lorsqu'on se trouve en présence d'une association calcium-magnésium comme c'est le cas pour les eaux : des erreurs par excès interviennent alors inmanquablement.

Treadwell [29] a indiqué une méthode de dosage qui pallie à cette cause d'erreur. Cet auteur a montré que la quantité d'oxalate de magnésium retenue par l'oxalate de calcium dépend, en grande partie, de la concentration de la partie non dissociée de l'oxalate de magnésium. Pour réduire l'er-

reur au minimum, il faut favoriser l'ionisation de l'oxalate de magnésium. Or on est obligé, pour précipiter tout le calcium, d'ajouter un grand excès d'oxalate d'ammonium et une concentration trop grande en ions C_2O_4 diminue la dissociation de l'oxalate de magnésium. C'est pour s'opposer à cette cause d'erreur et favoriser l'ionisation de l'oxalate de magnésium que Treadwell réalise une diminution aussi complète que possible de la dissociation de l'oxalate d'ammonium en ajoutant un excès de sel d'ammonium facilement dissociable, le chlorure d'ammonium. Cette méthode a été appliquée aux eaux de Contrexéville par Mazloun [22, p. 70] qui a ainsi obtenu de bons résultats.

A cette technique, contraignant à effectuer ensuite un dosage séparé du magnésium, dosage long et compliqué dans les conditions où l'on opère, nous avons préféré une méthode nous permettant de doser directement le magnésium après élimination du calcium.

Nous voulions, en effet, effectuer le dosage de ces éléments mensuellement pendant une année. Une technique assez rapide était donc nécessaire. Cette technique devait également être précise, et pouvoir s'appliquer aux faibles quantités de magnésium, de l'ordre de celles contenues dans les eaux étudiées.

Nous avons adopté une méthode que nous devons à l'obligeance de M^{lle} ROCHE, et qui nous a paru répondre à ces deux conditions. Cette méthode nous a donné satisfaction, comme on le verra aux essais que nous avons effectués sur des solutions de titre connu de magnésium et de calcium, se rapprochant des proportions contenues dans les eaux de Châteauroux.

Le calcium est précipité à l'état d'oxalate de calcium en milieu acétique et dans une zone de pH déterminée. Le précipité, lavé et mis en suspension dans l'acide sulfurique dilué, est titré par le permanganate de potassium, comme pour le dosage du calcium sanguin, suivant Guillaumin [14].

Le magnésium a été dosé au moyen de la 8. hydroxyqui-

noléine. Cette méthode, qui se termine volumétriquement, est due à Greenberg et Mackey (1932). Elle a été mise au point pour les sols par Javillier et Lavollay (4^e Congrès des Industries agricoles, Bruxelles 1935) et pour les eaux par M^{lle} ROCHE, en 1935 au laboratoire d'Hydrologie de la Faculté de Pharmacie de Paris, dans ses recherches non publiées sur les eaux de Plombières.

Le 8. hydroxyquinoléine, qui est une base, a la propriété de donner avec beaucoup d'ions (Ag-Pb-Cd-Zn-Co-Mg-Ca-Ba) des complexes du type $C_9H_6ONM_1, nH_2O$, pour un métal monovalent ; $(C_9H_6ON)^2M_{II}, nH_2O$, pour un métal divalent.

Pour l'ion magnésium on a $(C_9H_6ON)^2Mg, 4H_2O$, qui perd $2H_2O$ à 100-105 degrés et devient anhydre à 130 degrés.

Dans les eaux, les ions K-Na-Cl-SO₄ sont sans influence.

Il n'en est pas de même de SiO₃-Fe et Al-PO₄-Ca.

Les eaux examinées étant pauvres en silice, fer et aluminium, nous avons jugé inutile de les éliminer, la complexité des opérations supplémentaires risquant d'introduire une cause d'erreur aussi élevée que celle apportée par les faibles quantités de ces éléments.

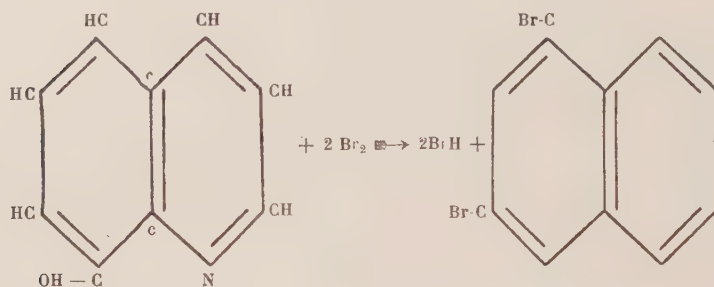
L'ion phosphorique est également ou nul ou très faible dans la presque totalité des eaux étudiées. De plus, dans le procédé adopté, la précipitation du magnésium se fait en présence de soude et non en milieu ammoniacal. On n'a donc pas à craindre la formation de phosphate ammoniaco-magnésien, soustrayant une certaine quantité de magnésium à l'action du réactif.

Quant au calcium, non seulement, grâce à l'ajustement du pH au moment de sa précipitation et au lavage du précipité dans des conditions déterminées, on peut l'éliminer complètement, mais la méthode permet même de le doser par précipitation à l'état d'oxalate et titrage au permanganate comme nous venons de le voir.

Le magnésium, débarrassé du calcium, est précipité par la 8. hydroxyquinoléine dans une zone de pH déterminée. Le complexe magnésien, lavé à l'aide d'un mélange approprié,

est dissous dans l'acide chlorhydrique au 1/4 et on effectue le titrage bromométrique de l'oxyquinoléine libérée.

En effet, l'oxyquinoléine donne quantitativement un dérivé dibromé 5-7.



On met un excès de brome, libéré d'une solution de bromate et bromure contrôlée par iodométrie. Une partie du brome se combine à l'oxyquinoléine pour donner le dérivé dibromé ; une quantité égale passe à l'état d'acide bromhydrique ; quatre atomes de brome disparaissent par molécule d'oxyquinoléine, soit huit atomes de brome par atome de magnésium : le brome n'ayant pas réagi est titré par iodométrie après addition d'iodure de potassium.

Donc, en principe, on part d'une solution acide. On remonte lentement le pH en milieu tamponné, au moyen de soude diluée, de façon à effectuer une précipitation successive des complexes : on réalise déjà une précipitation sélective, car un cation ne précipite que dans une zone de pH délimitée inférieurement et supérieurement. Comme parfois les pH de précipitation chevauchent ou que la marge entre eux est trop étroite, on a alors recours à la différence de solubilité des complexes, en reprenant les précipités par des solvants appropriés.

TECHNIQUE

I. — *Précipitation du calcium.*

100 centimètres cubes sont évaporés à 10 centimètres cubes environ, après avoir été acidulés par une goutte d'acide chlorhydrique. La liqueur est introduite dans un tube à centrifuger de 40 centimètres cubes.

On ajoute : Acide acétique : quatre gouttes ;

Sol. à 2 % d'oxalate de sodium Q.S., suivant proportion de calcium.

Rouge de Méthyle : deux gouttes.

Au moyen de soude diluée au 1/4, versée goutte à goutte, on amène le pH au voisinage de 5 (coloration rose).

On porte au B.M. bouillant pour précipiter complètement le calcium. On centrifuge le liquide chaud. Il est bon de s'assurer, par une nouvelle addition de réactif dans la liqueur limpide surmontant le culot, que tout le calcium a bien été précipité. On décante alors dans un autre tube à centrifuger. Le précipité d'oxalate de calcium est lavé à l'eau bouillante (7 à 8 centimètres cubes). On centrifuge et on joint l'eau de lavage à la première solution décantée dans le second tube à centrifuger. Ce tube est mis de côté pour le dosage du magnésium.

II. — *Dosage du calcium.*

Le précipité d'oxalate de calcium obtenu est mis en suspension dans 5 centimètres cubes d'acide sulfurique normal. La solution est chauffée cinq minutes au B.M., vers 80-90 degrés.

On titre alors par le permanganate de potassium $\frac{N}{10}$ (ou $\frac{N}{100}$)

placé dans la microburette, jusqu'à obtention d'une teinte rose persistant au moins trente secondes. Pendant le dosage, il est indispensable de dilacérer, à l'aide d'un agitateur, le

précipité compact d'oxalate de calcium, afin de réaliser une bonne émulsion des particules en suspension, qui permet seule une réaction totale.

On fait parallèlement un dosage utilisant dans les mêmes conditions 5 centimètres cubes de la solution sulfurique. Le chiffre trouvé est déduit du précédent.

Un centimètre cube de la solution MnO_4K $\frac{\text{N}}{10}$ correspond à 2 milligrammes d'ion calcium.

III. — Précipitation du complexe magnésien.

La solution séparée dans le dosage précédent et l'eau de lavage sont additionnées de Q.S. du réactif :

2 gr. 50 de 8-hydroxyquinoléine dissous dans 4 centimètres cubes d'acide acétique pur. Eau - Q.S. pour 100 centimètres cubes.

On ajoute de la thymolsulfonephtaléine (solution alcoolique à 0 gr. 04 %) et de la soude au 1/4 goutte à goutte jusqu'à virage convenable de cet indicateur pour remonter le pH à 9,5.

On porte 10 minutes au B. M. bouillant. On centrifuge à grande vitesse. On décante avec soin ou l'on siphonne. Le précipité impur est lavé trois fois par le mélange :

Alcool à 96 degrés	800 centimètres cubes
Chloroforme	200 centimètres cubes
Ammoniaque	8 centimètres cubes

On centrifuge et on décante à chaque fois, avec précaution car le culot se désagrége facilement.

Ce lavage débarrasse le précipité de l'oxyquinoléine libre et des complexes du fer et de l'aluminium avec cette base, si les quantités sont très faibles, ce qui est le cas pour les eaux étudiées.

On sèche sommairement le précipité pour éliminer le chloroforme qui s'opposerait à la dissolution complète et on le dissout finalement dans l'acide chlorhydrique au 1/4.

IV. — *Titration bromométrique de l'oxyquinoléine libérée.*

On ajoute à la solution chlorhydrique un excès connu de solution, 0,1 N en brome.

Bromate de potassium	2 gr. 785
Bromure de potassium	50 grammes
Eau Q.S. pour 1.000.	

Solution que l'on contrôle par iodométrie.

Après 20 à 30 secondes, l'action du brome est complète, même si, en solution très diluée, le précipité de dérivé dibromé de l'oxyquinoléine n'apparaît pas. On ajoute de l'iodure de potassium (solution à 10 %) et on titre l'iode à l'hyposulfite de sodium $\frac{N}{10}$ (ou $\frac{N}{50}$), à la microburette, en terminant

le dosage en présence d'empois d'amidon.

Il nous a semblé bon, le dosage terminé, de vérifier qu'une nouvelle addition d'iodure de potassium ne colore pas la solution, ce qui indiquerait la présence de brome libre.

Un centimètre cube de solution de bromure-bromate équivaut à 0 mg. 304 de magnésium.

En effet : $Mg \rightsquigarrow 2$ molécules d'oxyquinoléine $\rightsquigarrow 4 Br_2$

$$\text{et } Br \rightsquigarrow \frac{Mg}{8}$$

RÉSULTATS

ESSAI I

Nous avons préparé une solution contenant :

Ion Ca : 60 milligrammes par litre soit :

6 milligrammes dans la prise d'essai (100 centimètres cubes évaporés à 10 centimètres cubes).

Ion Mg : 7 milligrammes par litre soit :

0 mg. 7 dans la prise d'essai.

Nous avons trouvé :

Dans la prise d'essai :		Par litre :	
Ca	Mg	Ca	Mg
6 mg. 2	0,67	62	6,7
6,3	0,68	63	6,8
5,82	0,74	58,2	7,4
6,16	0,72	61,6	7,2

Moyenne du calcium : 61,2. Erreur moyenne : 2 %

Moyenne du magnésium : 7,02. Erreur moyenne : 0,28 %.

ESSAI II

Nous avons essayé de nous rapprocher des chiffres d'ions Mg et Ca contenus dans les eaux de Châteauroux et avons fait une nouvelle solution renfermant :

Ion calcium : 100 milligrammes par litre, soit 10 milligrammes dans prise d'essai ;

Ion magnésium : 4 milligrammes par litre, soit 0 mg. 4 dans prise d'essai.

Nous avons trouvé :

Dans la prise d'essai :		Par litre :	
Ca	Mg	Ca	Mg
9,8	0,395	98	3,95
9,78	0,395	97,8	3,95
9,75	0,406	97,5	4,06

Moyenne du calcium : 97,7. Erreur moyenne : 2,3 %.

Moyenne du magnésium : 3,98. Erreur moyenne : 0,5 %.

ESSAI SUR LES EAUX DE CHATEAUROUX

Pour chaque échantillon d'eau, nous avons effectué au moins deux dosages. Les résultats indiqués dans les tableaux représentent la moyenne de ces dosages.

De plus, pour chaque série d'opérations, une détermination témoin a été effectuée parallèlement.

Voici, exprimés en milligrammes par litre, les chiffres obtenus pour les eaux prélevées en février.

<i>Le Montet</i> :	[1] 98,4, [2] 98,6, [3] 98,2 Ion Ca.
	[1] 3,70, [2] 3,68, [3] 3,66 [4] 3,70 Ion Mg.
<i>Boiry</i> :	[1] 106, [2] 104 Ion Ca.
	[1] 4,64, [2] 4,70, [3] 4,48 Ion Mg.
<i>Religieuses</i> :	[1] 84, [2] 82 Ion Ca.
(1 ^{ers} dosages)	[1] 6,87, [2] 6,68 Ion Mg.
<i>Fonts</i> :	[1] 129, [2] 127 Ion Ca.
	[1] 4,97, [2] 4,86 Ion Mg.

Il nous a semblé utile de décrire longuement cette microméthode, car, ainsi combinée, elle semble n'avoir été utilisée jusqu'ici qu'au laboratoire d'Hydrologie de la Faculté de Pharmacie de Paris. De plus, le calcium est l'élément prépondérant des eaux étudiées.

La technique a l'avantage d'être assez rapide, précise et, en outre, de n'exiger qu'un faible volume d'eau.

Ion sodium

Nous avons utilisé pour le dosage de l'ion sodium, la méthode mise au point par M^{lle} ROCHE au laboratoire d'Hydrologie, au cours de son travail non publié sur les eaux de Plombières.

Cette méthode est dérivée de celle indiquée par Blanchetière en 1923 et modifiée par Kahane [17]. M^{lle} ROCHE a dû elle-même modifier cette dernière technique qui ne donnait pas des résultats satisfaisants avec les eaux minérales.

Le principe de la méthode est le suivant : on précipite le sodium sous forme de sel de Streng, acétate triple d'uranyle, de magnésium et de sodium, par addition d'acétates de magnésium et d'uranyle en solution acétique et hydro-alcoolique.

E. Kahane utilise un réactif hydro-alcoolique qui, d'après lui, a plusieurs avantages.

L'alcool ajouté : 1° abaisse la solubilité de l'acétate triple d'uranyle magnésium et sodium ;

2° Accélère la précipitation ;

3° Abaisse la tension superficielle et empêche ainsi le précipité de grimper le long des parois. M^{lle} ROCHE a constaté à ce propos que cela n'était pas suffisant. Elle a ajouté de l'alcool méthylique afin d'abaisser encore davantage la tension superficielle.

Formule du réactif :

Acétate d'uranyle cristallisé	32 grammes
Acétate de magnésium	100 grammes
Acide acétique	20 centimètres cubes
Alcool à 90 degrés	500 centimètres cubes
H ₂ O q.s	1.000 centimètres cubes

On chauffe au B.M. les acétates de magnésium et d'uranyle avec l'acide acétique, l'alcool et environ 300 centimètres cubes d'eau. La dissolution effectuée, on laisse refroidir. On complète à 1.000 centimètres cubes avec de l'eau distillée et on abandonne au repos. Il est avantageux de laisser reposer le réactif le plus longtemps possible afin d'éliminer la majeure partie du sodium apporté par les réactifs (nous avons laissé au repos pendant 6 jours).

Il est nécessaire de placer ce réactif dans un flacon en verre coloré et à l'obscurité, car l'action de la lumière tend à provoquer la réduction de l'ion uranyle jaune en ion uraneux vert. Gardé dans de bonnes conditions, la conservation est indéfinie.

Cette liqueur, par le fait même du sodium contenu dans les réactifs employés, est saturé de sel triple, condition particulièrement avantageuse pour insolubiliser au maximum le sel précipité.

Nous avons remarqué qu'il était indispensable, même en

se plaçant dans les conditions de conservation décrites ci-dessus, de filtrer le réactif avant chaque opération.

La précipitation se fait à froid, en liqueur neutre ou faiblement acide ou alcaline. La présence dans le réactif d'un excès d'acide acétique et d'une quantité considérable d'acétate de magnésium lui confèrent des propriétés tampon qui rendent, sauf exceptions, inutile l'ajustement à la neutralité de la liqueur à traiter.

La précipitation est correcte, quelle que soit la concentration en sodium de la liqueur à traiter, à condition d'employer un minimum de 2 cc. 5 de réactif par milligramme de sodium à précipiter et par centimètre cube de liqueur à traiter. Nous avons toujours employé un léger excès de réactif. Il y a intérêt à faire deux déterminations : la première avec un grand excès de réactif et la seconde avec une quantité plus exactement calculée.

Voici la *technique* que nous avons suivie dans nos dosages :

500 centimètres cubes d'eau sont évaporés à 2-3 centimètres cubes et repris par l'eau bouillante q.s. pour avoir un volume de 10 centimètres cubes. Les sels de Na passent en solution mais les carbonates de Ca et Mg ne sont pas dissous. Filtrer. Nous avons opéré sur 5 cc. de filtrat, correspondant à 250 centimètres cubes d'eau.

Ce filtrat est introduit dans un tube à centrifuger cylindro-conique en pyrex et de 40 centimètres cubes de capacité environ. Ce tube a été préalablement taré après un passage d'une demi-heure à l'étuve à 115 degrés et refroidissement dans un dessiccateur. On ajoute alors le réactif suivant les proportions indiquées par Kahane, puis 2 centimètres cubes d'alcool méthylique pour abaisser encore la tension superficielle. La précipitation s'amorce instantanément, mais il est bon, pour obtenir un précipité plus grenu, d'agiter le liquide avec un agitateur de verre pendant une à deux minutes. On couvre d'un verre de montre et on laisse au repos à l'abri de

la lumière solaire directe. La précipitation n'est totale qu'au bout d'une heure. Après ce temps de contact minimum, on centrifuge. Dans ces conditions, la centrifugation est rapide et facile. On opère suivant la technique de Clark et Collip. On décante la majeure partie du liquide, puis on renverse verticalement le tube sur une liasse de papier filtre. On égoutte deux minutes. On peut ainsi réduire les lavages, ce qui évite de faibles pertes par dissolution du précipité dans l'alcool de lavage. Pour éviter au maximum cette possibilité, nous nous sommes servi, comme l'indique M^{lle} ROCHE, d'alcool à 95 degrés saturé de sel de Streng par agitation et contact prolongé avec ce sel, puis filtration. On lave le précipité avec 2 centimètres cubes de cette liqueur, on centrifuge et on décante. Puis on effectue un nouveau lavage avec 3 centimètres cubes de la même liqueur. A l'aide d'une baguette de verre effilée, on agite le précipité qui, après la centrifugation, forme un culot compact dans la partie conique du tube, de telle sorte que les particules solides soient en contact avec l'alcool de lavage, destiné à éliminer toute trace de réactif.

Il suffit alors de dessécher le précipité. Le tube à centrifugation est laissé à l'étuve à 110-115 degrés jusqu'à poids constant. On le laisse refroidir dans un dessiccateur et on le pèse. Il n'est pas particulièrement hygroscopique.

En attribuant à ce sel, comme le fait E. Kahane, la forme d'un acétate triple à 8 H₂O :

1 gramme correspond à 0 gr. 015 d'ion sodium.

Les sels d'urane, assez coûteux, peuvent être récupérés, selon une méthode rappelée par Kahane [18].

L'expérience nous a montré que cette technique est satisfaisante à condition de suivre de très près toutes les indications données et de veiller, en particulier, à la filtration du réactif avant chaque dosage ou série de dosages, et à la dessiccation totale du sel de Streng.

Ce dernier, en effet, après la centrifugation, est tassé dans le fond conique du tube et sa dessiccation complète est ren-

due de ce fait plus difficile, circonstance qui peut amener des causes d'erreur.

C'est ainsi qu'au cours des multiples essais pratiqués avec cette méthode, nous avons obtenu tout d'abord les résultats suivants :

Pour une prise d'essai contenant 0 mg. 647 d'ion sodium (associé aux ions magnésium et calcium) nous avons trouvé : 0 mg. 69, 0,72, 0,74, 0,67, 0,69, 0,73, 0,74, 0,72, 0,72.

Pour une prise d'essai contenant 1 mg. 294 d'ion sodium, nous avons trouvé : 1 mg. 37, 1,38, 1,37, 1,37, 1,38, 1,36, 1,36.

Moyenne 1,37. Erreur moyenne : 6,2 %.

L'erreur systématique par excès, constatée dans ces dosages, a pu être écartée en remédiant aux deux causes d'erreur signalées plus haut.

De nouveaux essais ont donné les résultats suivants :

Pour 1 mg. 29 d'ion sodium (associé à Mg et Ca) dans la prise d'essai, il a été trouvé :

1 mg. 30, 1,31, 1,30, 1,30.

Moyenne : 1,30. Erreur moyenne : 0,76 %.

*Résultats des dosages effectués sur les eaux de Châteauroux
en mg. par litre*

Le Montet : [1] 5,16, [2] 5,16.

Boiry : [1] 6,72, [2] 6,68.

Religieuses : [1] 7,18, [2] 7,21.

Fonts : [1] 7,23, [2] 7,22.

Diminués de 6,2 %, valeur de l'erreur moyenne, ces chiffres donnent comme résultats définitifs :

Le Montet : [1] 4,84, [2] 4,84.

Boiry : [1] 6,32, [2] 6,27.

Religieuses : [1] 6,74, [2] 6,77.

Fonts : [1] 6,79, [2] 6,78.

Les chiffres indiqués dans les tableaux représentent la moyenne des déterminations. Chacun de ces dosages a été conduit parallèlement à celui d'une solution témoin de titre connu.

Ion potassium

Nous avons appliqué à ce dosage une méthode que M^{lle} Roche a bien voulu nous communiquer, méthode utilisée dans son travail déjà cité sur les eaux de Plombières.

Cette méthode est dérivée de celle de Blanchetière et Pirlot [3] modifiée par M^{lles} J. Lévy et M. Pacu [20].

Principe de la méthode.

On précipite le potassium à l'état de cobaltinitrite de potassium et de sodium.

$[\text{Co}(\text{NO}_2)^6] \text{Na}_3 + 2\text{ClK} = 2\text{ClNa} + [\text{Co}(\text{NO}_2)^6] \text{NaK}_2$, en utilisant le réactif de Billmann. On transforme le complexe tout d'abord en chlorure de cobalt III en le dissolvant dans ClH :

$[\text{Co}(\text{NO}_2)^6] \text{NaK}_2 + 6\text{ClH} = \text{ClNa} + 2\text{ClK} + \text{Cl}_3\text{Co} + 6\text{NO}_2\text{H}$
 puis en sel de Job par addition de perhydrol et de bicarbonate de potassium. Le chlorure de cobalt est oxydé et le sel complexe cobalt III tricarbonat potassique reste dissous grâce à l'excès de bicarbonate alcalin. La coloration vert intense de ce complexe se prête à un dosage colorimétrique.

Blanchetière et Pirlot ont montré de plus que la concentration en chlorures alcalins, même à la dose de 80 grammes par litre, ne modifie pas la teinte obtenue.

Il importe toutefois de faire la précipitation primitive en solution à peu près neutre. C'est pourquoi, après dosage de l'alcalinité, nous avons neutralisé exactement les eaux avant chaque opération.

Réactif.

Le réactif utilisé est celui de Billmann [2].

Solution A

Nitrate de Cobalt	50 grammes
Acide acétique	25 centimètres cubes
Eau distillée	100 centimètres cubes

Solution B

Nitrite de sodium	120 grammes
Eau distillée	180 grammes

On mélange 4 centimètres cubes de solution A et 20 centimètres cubes de solution B.

Guillaumin [15] a montré qu'il était inutile de chasser les vapeurs nitreuses qui prennent naissance dans le mélange. Nous n'avons donc pas procédé à leur élimination.

Le mélange est centrifugé pour éliminer les traces de précipité qui peuvent se former. Le liquide décanté est utilisé immédiatement.

Dosage.

Les eaux à examiner contenant très peu de potassium, nous avons évaporé 500 centimètres cubes d'eau neutralisée, à 1 centimètre cube environ. Nous avons repris par de l'eau distillée bouillante, q.s. pour 6 centimètres cubes. Filtrer. Nous avons opéré sur 3 centimètres cubes du filtrat, correspondant à 250 centimètres cubes d'eau.

Pour être bien certain d'avoir entraîné tout le potassium, nous reprenons le faible résidu restant dans la capsule par 6 nouveaux centimètres cubes d'eau distillée. Nous filtrons sur le filtre contenant déjà le résidu précédent et procédions à un nouveau dosage.

Au cas où ce dosage aurait révélé la présence de potas-

sium, on aurait ajouté le chiffre trouvé au premier résultat. Dans nos expériences, cet essai de contrôle a toujours donné un résultat négatif.

Le filtrat est introduit dans un tube cylindrique à centrifuger. On ajoute environ 6 centimètres cubes de réactif pour 0 mg. 25 de potassium à précipiter. On laisse reposer 1 heure. On centrifuge alors à grande vitesse pendant 10 minutes. On décante, on siphonne le liquide surnageant. On lave à l'eau distillée, centrifugé, décante et siphonne à nouveau. On recommence ceci encore deux fois. Après la deuxième décantation, on dissout le précipité dans de l'acide chlorhydrique concentré. On ajoute celui-ci lentement, de façon à détacher les particules du précipité qui adhèrent aux parois du verre. On place le tube à centrifuger au B.M. bouillant et on évapore à sec.

On dissout le précipité dans quelques gouttes d'eau et on transvase la solution dans une petite fiole jaugée de 10 centimètres cubes. On lave le tube deux fois, avec un centimètre cube d'eau. Ces eaux de lavage sont réunies à la solution, qui ne doit pas occuper plus du quart du volume de la fiole. On ajoute deux à trois gouttes de perhydrol, puis on complète à 10 centimètres cubes avec une solution saturée de bicarbonate de potassium, au moyen de laquelle on a encore lavé le tube à centrifuger. Les $\frac{3}{4}$ de la fiole sont ainsi occupés par la solution bicarbonatée, condition la plus favorable à la formation du sel de Job. On agite pour bien mélanger. On laisse reposer pour ne pas être troublé par le dégagement gazeux qui se produit. On opère de même avec une solution étalon de chlorure de potassium pur. Comparer les teintes au colorimètre.

Nous avons pris comme solution étalon, une solution de chlorure de potassium pur, contenant par litre 400 milligrammes de chlorure de potassium. Chaque centimètre cube de cette solution contenait : 0 mg. 2093 d'ion potassium.

Pour effectuer les comparaisons, nous nous sommes servi alternativement pour chaque dosage de un centimètre cube de cette solution étalon et de 2 centimètres cubes. La solution

de sel de Job obtenue à partir de ces 1 ou 2 centimètres cubes est amenée toujours à 10 centimètres cubes.

A chaque dosage, ou série de dosages, le dosage de l'éta-
lon a été effectué parallèlement.

Les essais préalables de cette méthode nous ont donné les résultats suivants : Pour 0 mg. 209 d'ion potassium contenu dans la prise d'essai, nous avons trouvé :

1 ^{er} dosage		0 mg. 200	} Moyenne : 0 mg. 206. Erreur moyenne : 1,4 %.
2 ^e dosage	....	0 mg. 200	
3 ^e dosage	....	0 mg. 217	
4 ^e dosage	....	0 mg. 207	

Voici maintenant les chiffres obtenus pour le dosage des eaux (les chiffres des tableaux représentant la moyenne de ces résultats). Ces chiffres expriment la teneur en milligrammes par litre d'ion potassium.

Le Montet : [1] 1,28, [2] 1,21.

Boiry : [1] 3,30, [2] 3,28, [3] 3,49, [4] 3,52

Religieuses : [1] 1,92, [2] 1,98.

Fonts : [1] 1 [2] 1,12, [3] 1 [4] 0,96.

Ion ferrique

Les eaux d'alimentation de Châteauroux sont fort heureusement très pauvres en fer. Cet élément a été dosé par manganimétrie, méthode rappelée par Mazloum [22, p. 81], applicable aux faibles quantités avec de légères modifications.

Le résidu de l'évaporation de 4 litres d'eau, effectuée dans une capsule en pyrex au B. M., est traitée par une solution d'acide sulfurique à 60 grammes par litre. Les sels de sodium et de potassium, ainsi que l'ion ferrique, sont dissous. Les sels de calcium, au contraire, sont éliminés. Les eaux de lavage sont réunies, et le filtre est lavé avec suffisamment de solution acide pour obtenir 50 centimètres cubes.

Cette solution est traitée par 5 grammes de zinc pur et 10 centimètres cubes d'acide sulfurique pur, afin de provoquer la réduction complète du sel ferrique. Après 4 à 5 heures de contact, on filtre et on ajoute au filtrat 5 centimètres cubes d'acide sulfurique pur. La solution est titrée avec une solution de permanganate de potassium N/55,84, dont 1 centimètre cube correspond à 1 milligramme de fer. Etant données les faibles doses de fer à déterminer, nous avons employé une microburette.

Chaque détermination a été effectuée en présence d'un témoin contenant un volume égal de solution sulfurique. Le chiffre trouvé pour le témoin est déduit du résultat du dosage.

L'essai de cette technique a été fait sur une solution de sulfate ferreux pur, contenant 3 milligrammes d'ion ferreux par litre.

Il a donné les résultats suivants :

1 ^{er} dosage	.....	2 mg.	35	de fer par litre.
2 ^e dosage	.....	2 mg.	78	— —
3 ^e dosage	.....	2 mg.	91	— —

Ion CO_3^{--} — Total

Cette détermination a été effectuée suivant la technique indiquée dans l'ouvrage de Touplain [28, p. 77, 78].

On prélève à la source même un volume V d'eau dans une bouteille jaugée renfermant au préalable une solution saturée de chlorure de baryum et de l'ammoniaque exempte d'acide carbonique. On dose l'acide carbonique total d'après la quantité de carbonate de baryum formée.

Le réactif barytique se prépare ainsi :

Mélanger 100 centimètres cubes d'une solution saturée de chlorure de baryum et 100 centimètres cubes d'ammoniaque.

S'il se produit un louche, décanner et conserver à l'abri de la lumière.

Voici la *technique* suivie :

Dans un ballon jaugé 2 traits (100-110 centimètres cubes) on place 10 centimètres cubes de réactif barytique. On affleure, à la source même, à 110 centimètres cubes avec l'eau à essayer.

On bouche bien le ballon et on le retourne. On laisse déposer 48 heures.

Au bout de ce temps, on verse à la surface du liquide clair quelques gouttes de réactif barytique, afin de vérifier si tout l'acide carbonique a été précipité. Au cas, improbable, où un nouveau précipité se formerait, on achève la précipitation par une addition de réactif.

On filtre et on lave le précipité à l'eau chaude.

On dissout sur le filtre le carbonate de baryum au moyen d'acide chlorhydrique au 1/10. On précipite le baryum à l'état de sulfate dans la solution filtrée et on dose, par pesée, le sulfate de baryum.

Du poids de sulfate de baryum on déduit l'acide carbonique cherché.

Dosage de l'ion CO_3 — des carbonates neutres du résidu à 180 degrés

Dans les eaux de Châteauroux, il était indispensable de doser l'ion CO_3 avec une assez grande précision.

Ces eaux appartiennent, en effet, comme beaucoup d'eaux potables, au groupe des eaux bicarbonatées calciques.

C'est à la méthode indiquée par Touplain [28, p. 74 et suiv.] que nous nous sommes adressé pour ce dosage, mais, à la suite d'une assez longue expérimentation, nous avons cru bon de modifier quelques détails de la technique décrite par cet auteur.

Principe.

Le principe de la méthode est simple : le gaz carbonique dégagé par l'acide sulfurique à chaud est entraîné par un courant d'air, cet air étant évidemment décarbonaté. Il passe dans plusieurs séries de tubes en U contenant, successivement, du chlorure de calcium, pour le dessécher, de la ponce au sulfate de cuivre pour retenir les acides sulfurique et chlorhydrique, encore du chlorure de calcium, et enfin de la chaux sodée où il est absorbé. Les tubes à chaux sodée sont additionnés dans la branche de sortie de quelques grains de chlorure de calcium pour retenir l'eau qui se dégage de la réaction entre CO_2 et la chaux sodée.

L'appareil se termine par un tube contenant, d'un côté, de la chaux sodée et, de l'autre, du chlorure de calcium, ceci pour absorber le CO_2 et l'humidité de l'air extérieur en période de repos de l'appareil.

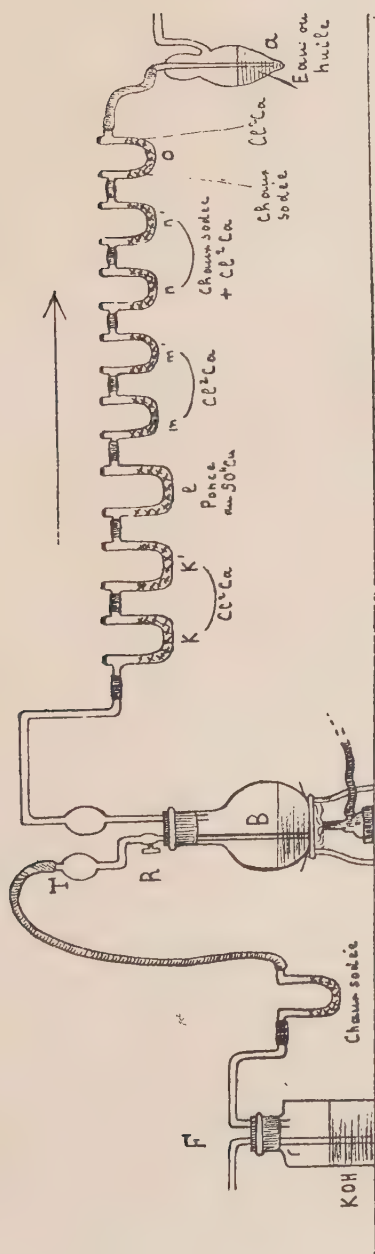
Les tubes à réaction (chaux sodée) sont pesés avant et après l'expérience. L'augmentation de leur poids donne la quantité de gaz carbonique contenue dans la prise d'essai.

Réactifs.

Naturellement, tous les réactifs employés : chaux sodée, chlorure de calcium, etc. doivent être très purs et surtout exempts de carbonates. La ponce au sulfate de cuivre se prépare en faisant bouillir de la ponce dans une solution saturée de sulfate de cuivre ; on chasse l'air, et on retire la ponce que l'on sèche à 100 degrés.

Appareil.

L'appareil décrit par Touplain est ainsi composé (schéma 7) : un flacon F fermé par un bouchon percé de deux trous et contenant de la lessive de potasse, est destiné à débarrasser l'air entrant dans l'appareil de son gaz carbonique. Ce flacon communique, d'une part, avec l'extérieur, d'autre part,



(7) Appareil de dosage de l'ion CO_3

avec un tube en U contenant de la chaux sodée et qui a la même destination que le flacon. Ce tube est relié à un tube T, muni d'un robinet R et qui plonge au fond d'un ballon B contenant l'extrait de l'eau à analyser et communiquant à l'aide d'un tube en verre muni d'une boule à condensation, avec deux tubes en U, K et K', à chlorure de calcium, eux-mêmes suivis d'un tube à ponce au sulfate de cuivre I.

Tous ces tubes ont 16 millimètres de diamètre et 10 centimètres de longueur. Les tubes suivants sont un peu plus petits.

Au tube à ponce font suite un nouveau tube à chlorure de calcium (ou mieux deux tubes, m et m'), puis deux tubes à réaction n et n', à chaux sodée. Enfin, le tube mixte à chlorure de calcium-chaux sodée o précède une ampoule a contenant un peu d'eau (1) qui permet de compter les bulles.

L'appareil est relié à la trompe à eau.

Technique.

500 centimètres cubes ou 1 litre d'eau sont évaporés au B.M.

Le résidu est séché à 180 degrés (en ayant soin de ne pas dépasser cette température) et repris par 80 à 100 centimètres cubes d'eau bouillie chaude. Ces opérations ont été effectuées dans des capsules en pyrex et le résidu a été repris en s'aidant de faibles portions d'eau bouillie et d'une petite pelle à précipité pour râcler les parois de la capsule jusqu'à ce que celle-ci apparaisse transparente et débarrassée de toute trace d'extrait. L'eau bouillie (donc dépourvue de gaz carbonique) qui a servi à recueillir l'extrait est transvasée par petites portions dans le ballon en pyrex et de 150 centimètres cubes environ de capacité.

On pèse alors les tubes à chaux sodée et on les remet en place. Le ballon étant relié avec le système « flacon à potasse-

(1) Il est même préférable de remplacer l'eau par une petite quantité d'huile de vaseline.

tube à chaux sodée » destiné à retenir le gaz carbonique de l'air et le robinet du tube T étant fermé, on fait une légère aspiration avec la trompe. On constate que l'appareil est étanche si les bulles d'air traversant la petite ampoule placée avant la trompe ne passent plus au bout de peu de temps.

On fait alors couler doucement dans le ballon une solution composée de 1 centimètre cube d'acide sulfurique pur et 9 centimètres cubes d'eau. Cette solution est versée à l'aide d'un petit entonnoir, par le tube T, mais il faut avoir soin de ne pas laisser rentrer d'air dans le ballon pendant cette opération. Quand il n'y a plus effervescence, et alors que le tube contient encore de la solution sulfurique, on ferme le robinet et on relie au système « flacon potasse-tube chaux sodée ». De cette manière, l'air extérieur n'a pu pénétrer dans l'appareil.

Après avoir ouvert le robinet, on fait barboter dans le ballon, en aspirant par la trompe, de l'air privé d'acide carbonique. En même temps, on chauffe le ballon. Du fait de la combinaison de l'acide carbonique avec la chaux sodée, on constate l'échauffement des tubes à réaction. Lorsqu'ils sont refroidis, on fait encore passer l'air 15 minutes environ. La trompe est alors arrêtée et les tubes à chaux sodée sont détachés et pesés. A chaque expérience, le contenu du premier tube à chlorure de calcium est renouvelé : celui du premier tube-réaction également et la position de ces deux tubes-réaction est inversée.

Les tubes en U employés étaient en pyrex, avec bouchons de verre rodés et s'adaptant exactement au col du tube. Les différents joints en caoutchouc nécessités dans le montage de l'appareil étaient lutés à la cire et protégés par un enroulement de sparadrap. Le ballon contenant l'extrait à analyser était bouché avec un bouchon de caoutchouc et de la cire était coulée autour de ce bouchon afin d'éviter toute fuite de gaz.

Malgré ces précautions, nous avons obtenu, au début des expériences, des résultats erronés. Au cours de plus de 60

dosages d'essai, nous avons pu faire les constatations suivantes :

1° La plupart des erreurs observées étaient des erreurs par excès ;

2° Ces erreurs étaient dues à de faibles quantités de vapeur d'eau qui parvenaient à la chaux sodée.

Il y a donc lieu de prêter une grande attention au passage de la vapeur d'eau dans les tubes.

Nous avons constaté qu'il était nécessaire de ne pas porter le liquide contenant le CO_2 au voisinage de l'ébullition. Il suffit de chauffer légèrement, en réglant la flamme du gaz. Dès que les vapeurs remplissent la boule à condensation surmontant le ballon, retirer la flamme et chauffer à nouveau après disparition de ces vapeurs. De plus, faire passer l'air très lentement de telle façon que l'on puisse facilement compter les bulles dans l'ampoule disposée à cet effet. La trompe fonctionnant doucement, nous avons intercalé un flacon vide à deux tubulures, afin d'éviter tout retour d'eau dans l'appareil. En opérant de cette façon, le dosage dure plus longtemps (une heure environ), mais on obtient de meilleurs résultats.

De plus, on peut intercaler un tube à chlorure de calcium supplémentaire avant les tubes à chaux sodée. De toutes façons, le contenu du tube à chlorure de calcium précédant immédiatement les tubes à réaction doit être renouvelé à chaque expérience.

3° Les plus grandes précautions sont nécessaires pour la pesée des tubes. Ceux-ci étaient essuyés entre des doubles de gaze fine, avant chaque pesée (sueur des doigts, poussière, vapeur d'eau accidentelle, etc.). De plus, deux pesées sont nécessaires, en général, à quelques heures de distance, les tubes étant maintenus hermétiquement fermés dans l'intervalle.

Alors que les premiers dosages avaient donné des erreurs, allant jusqu'à 25 %, en opérant comme nous venons de l'indiquer, nous avons obtenu, après mise au point de la techni-

que, les résultats suivants : pour une prise d'essai de carbonate de calcium CO_3Ca renfermant 88 milligrammes de CO_2 , nous avons trouvé :

87 milligrammes, 87,2 — 86,5 — 89,2 — 89,1 CO_2 .

Moyenne : 87,8. Erreur moyenne : 0,22 %.

Les essais ont été effectués avec du carbonate de chaux pur, vérifié par alcalimétrie et séché à l'étuve, à 110 degrés, jusqu'à poids constant.

Ion Chlore- Cl^-

Pour le dosage des chlorures nous avons adopté la technique exposée par Mazloum [22, p. 83] ; elle s'applique au dosage de faibles quantités de chlorure dans les eaux avec une précision suffisante. Or, toutes les eaux examinées contenaient très peu de chlore.

Cette méthode est une adaptation de la méthode volumétrique de Mohr. On fait le titrage en milieu neutre avec une solution diluée de nitrate d'argent. Il faut opérer sur un faible volume de solution avec, comme indicateur, une solution à 10 % de chromate de potassium.

Nous avons toujours opéré suivant la *technique* indiquée ci-après :

On évapore 250 centimètres cubes d'eau à 15-20 centimètres cubes environ, dans une capsule en pyrex.

On ajoute assez d'acide sulfurique Normal pour convertir tous les carbonates en sulfates. Le léger excès d'acide sulfurique est neutralisé par une pincée de carbonate de calcium.

Il faut naturellement s'assurer que le carbonate de calcium ne contient pas de chlorures ; il n'en est pas toujours ainsi pour les produits commerciaux.

On ajoute à cette solution neutre 5 gouttes de chromate de potassium à 10 %. On verse goutte à goutte la solution diluée de nitrate d'argent en frottant avec un agitateur les

sels qui se sont déposés sur les parois de la capsule. Le virage à la teinte chamois est très net dans ces conditions.

Nous avons employé une solution de nitrate d'argent à 2 gr. 9075 par litre, de sorte que 1 centimètre cube de cette solution équivaut à 1 milligramme de chlorure de sodium ou à 0 mg. 607 d'ion chlore.

Chaque dosage a été effectué en présence d'un témoin contenant une quantité connue de chlore et d'un autre contenant de l'eau distillée, afin de saisir exactement le virage par comparaison.

Voici quelques résultats obtenus pour les eaux étudiées :

<i>Le Montet</i> :	1 ^{er} dosage :	9 mg. 4	d'ion chlore par litre
	2 ^e dosage :	9 mg. 7	—
<i>Boiry</i> :	1 ^{er} dosage :	12 mg. 7	—
	2 ^e dosage :	12 mg. 7	—
<i>Religieuses</i> :	1 ^{er} dosage :	9 mg. 7	—
	2 ^e dosage :	9 mg. 7	—
<i>Fonts</i> :	1 ^{er} dosage :	13 mg. 3	—
	2 ^e dosage :	13 mg. 3	—

Ion SO_4^{--}

C'est à la méthode pondérale que nous nous sommes adressé pour doser les sulfates : pesée du sulfate de baryum.

250 centimètres cubes ou 500 centimètres cubes d'eau (nous avons fait deux dosages simultanés de la même eau, l'un avec 250 centimètres cubes, l'autre avec 500 centimètres cubes) sont acidifiés par 10 ou 20 centimètres cubes d'acide chlorhydrique au 1/5.

Ajouter 20 centimètres cubes de solution de chlorure d'ammonium à 220 grammes par litre pour favoriser la granulation du précipité de sulfate de baryum.

On ajoute dans cette solution portée à l'ébullition 60 cen-

timètres cubes de solution de chlorure de baryum $\frac{N}{10}$, également bouillante.

Ajouter le chlorure de Ba graduellement. Maintenir l'ébullition quelques minutes.

Après repos, filtrer sur un filtre sans cendres, préalablement mouillé à l'eau bouillante. Débarrasser le précipité de sulfate de baryum des chlorures par lavages à l'eau distillée chaude, eau qui sert aussi à rincer le matras où s'est opérée la précipitation. Continuer ces lavages jusqu'à ce que le filtrat ne précipite plus par NO_3Ag . Retirer alors le filtre de l'entonnoir, le sécher dans une capsule plate tarée.

Porter lentement au rouge, au moufle, et chauffer au rouge 15 minutes au moins. Si le résidu n'est pas absolument blanc, ajouter sur les points bruns, après refroidissement, quelques gouttes d'acide azotique. Calciner à nouveau. Peser après refroidissement dans un dessiccateur.

Parallèlement à chaque dosage ou chaque série de dosages, nous avons effectué les mêmes opérations sur un témoin contenant de l'eau distillée. Le poids trouvé a été déduit des résultats.

Les eaux de Châteauroux contenant de très faibles doses de sulfates, il importe de suivre de très près la technique et de prendre les plus grandes précautions pour les pesées.

Voici les résultats obtenus pour les prélèvements de février. Ces résultats expriment en milligrammes la quantité d'ion SO_4 contenue dans 1 litre d'eau.

<i>Le Montet :</i>	1 ^{er} dosage	.....	1 mg. 3
	2 ^e dosage	.....	1 mg. 5
<i>Boiry :</i>	1 ^{er} dosage	.....	3 mg. 9
	2 ^e dosage	.....	3 mg. 6
<i>Religieuses :</i>	1 ^{er} dosage	.....	8 mg. 8
	2 ^e dosage	.....	9 mg. 1
<i>Fonts :</i>	1 ^{er} dosage	.....	11 mg. 8
	2 ^e dosage	.....	11 mg. 3

Pour obtenir des résultats plus précis, il eût fallu effectuer les déterminations sur de plus grandes quantités d'eau.

Ion NO_3^-

Le dosage de l'azote nitrique a été effectué par une méthode américaine des « Standard methods for the examination of water and sewage » [26].

La méthode choisie est celle à l'acide phénoldisulfonique [4] et [25] peu connue en France ; il semble utile de la décrire dans ses détails essentiels.

Réactifs.

1° Acide phénoldisulfonique. Dissoudre 25 grammes de phénol pur dans 150 centimètres cubes d'acide sulfurique pur. Ajouter 75 centimètres cubes d'acide sulfurique fumant (oleum à 15 % de SO_3). Bien agiter, et chauffer pendant 2 heures à environ 100 degrés.

2° Solution de potasse caustique. Préparer une solution environ 12 N. 10 centimètres cubes de cette solution doivent neutraliser environ 4 centimètres cubes de l'acide phénoldisulfonique.

3° Solution titrée de nitrate. Dissoudre 0 gr. 7216 de NO_3K pur, recristallisé, dans 1 litre d'eau distillée. Evaporer 50 centimètres cubes de cette solution à siccité, au B.M. Humecter le résidu rapidement et complètement avec 2 centimètres cubes d'acide phénoldisulfonique, et frotter au moyen d'un agitateur pour assurer un contact intime. Diluer à 500 centimètres cubes. Cette solution constitue l'étalon ; 1 centimètre cube de celle-ci contient 0,01 milligramme d'azote nitrique.

4° Solution de sulfate d'argent, afin d'éliminer partiellement les chlorures, dans les eaux qui contiennent plus de 30 milligrammes de Cl par litre.

Les eaux de Châteauroux contenant des doses de chlore bien inférieures, cette solution était inutile.

Technique.

On a d'abord déterminé les chlorures, les nitrites et l'alcalinité. La dose de chlore étant faible, nous n'avons pas procédé à son élimination.

Pour les nitrites, les recherches ont été négatives.

On mesure 100 centimètres cubes d'eau dans une capsule et on ajoute q.s. d'acide sulfurique 0,02 N pour neutraliser l'alcalinité.

On évapore à siccité. On ajoute alors 2 centimètres cubes de solution d'acide phénoldisulfonique, en s'aidant de l'agitateur pour assurer un contact intime. On dilue le mélange avec de l'eau distillée, et on ajoute *lentement* la solution forte de potasse, jusqu'à ce que le maximum de coloration soit atteint. Ayant obtenu un précipité, nous avons alors filtré, et reçu le liquide dans un tube de Nessler. Les nitrates présents donnent une coloration jaune.

On compare la coloration avec celle d'une gamme obtenue en ajoutant 2 centimètres cubes de solution de potasse à des volumes variés de solution titrée de nitrate évaporée et traitée par le réactif phénoldisulfonique dans les mêmes conditions, et en les diluant à 50 centimètres cubes dans des tubes de Nessler. Nous avons fait la gamme en prenant les volumes suivants de solution de nitrate :

0,1 — 0,3 — 0,5 — 0,7 — 1 — 3 — 6 — 10 — 20 — 30 — 40 — 50 centimètres cubes contenant de 0,001 à 0,5 milligrammes d'azote nitrique. Ces étalons peuvent être conservés plusieurs semaines sans altération.

Les colorations sont nettement graduées et faciles à comparer.

Ion silicique SiO_2 ---

DIENERT et WANDENBULKE [7] ont indiqué une méthode colorimétrique pour doser cet élément. Cette méthode consiste à former un acide silicomolybdique, d'une couleur jaune intense, proportionnelle à la quantité de silice présente et comparable à une solution d'acide picrique.

Le chiffre de correspondance entre la silice et l'acide picrique donné par DIENERT a été controversé par les auteurs Américains ayant employé cette méthode.

La coloration donnée par 50 milligrammes SiO_2 par litre équivaldrait à :

25 mg. 6 suivant les derniers.

39 mg. 6, suivant DIENERT et WANDENBULKE, d'acide picrique par litre.

Le chiffre de 25 mg. 6 est seul à retenir, à condition toutefois de se servir d'acide picrique très pur. La purification doit être faite selon la méthode de Bénédict (recristallisation dans le benzène anhydre).

L'acide purifié presque incolore est pulvérisé et desséché dans le vide phosphorique.

Voici la *technique* suivie :

On ajoute à 50 centimètres cubes d'eau suffisamment d'acide sulfurique Normal pour convertir les bicarbonates en sulfates, 2 centimètres cubes de solution de molybdate d'ammonium à 10 % et 4 gouttes d'acide sulfurique à 50 %.

La coloration apparaît immédiatement et atteint son maximum d'intensité au bout de 10 minutes. On compare la coloration obtenue avec une solution d'acide picrique à 25 mg. 6 par litre.

Cette concentration n'étant pas de l'ordre de celle des eaux examinées, nous avons fait une gamme en prenant :

5 centimètres cubes de la solution à 25 mg. 6 d'acide picrique par litre, diluée à 50 centimètres cubes avec de l'eau distillée et correspondant à 5 milligrammes SiO_2 par litre.

10 centimètres cubes de solution initiale diluée à 50 centimètres cubes correspondant à 10 milligrammes.

12 centimètres cubes de solution initiale diluée à 50 centimètres cubes correspondant à 12 milligrammes.

13 centimètres cubes de solution initiale diluée à 50 centimètres cubes correspondant à 13 milligrammes.

15 centimètres cubes de solution initiale diluée à 50 centimètres cubes correspondant à 15 milligrammes.

20 centimètres cubes de solution initiale diluée à 50 centimètres cubes correspondant à 20 milligrammes.

Les comparaisons ont été faciles et effectuées par simple réflexion sur papier blanc.

Cette méthode a l'avantage d'une part, d'être rapide, et, d'autre part, de nécessiter seulement un faible volume d'eau.

La méthode par pesée, au contraire, est longue et met en jeu une grande quantité d'eau.

Ion brome

Il est commode de faire la détermination de cet élément par la méthode indiquée par Touplain [28, p. 138, 139, 140], application du procédé initial de DENIGÉS et CHELLE.

On forme un dérivé bromé de la rosaniline par l'action de l'ion brome sur une solution de fuchsine décolorée par l'acide sulfurique.

Cette méthode est simple et rapide, mais sous réserve de suivre rigoureusement tous les détails de la technique suivante :

Dans un tube à essai de 20 centimètres de long et 15 millimètres de diamètre, on place :

10 centimètres cubes d'eau.

8 gouttes d'acide chlorhydrique pur.

8 gouttes d'une solution de chromate de potassium à 10 %.

2 centimètres cubes d'acide sulfurique pur.

Après mélange, on plonge immédiatement le tube à essai dans l'eau froide à environ 15 degrés. On attend 15 à 20 minutes.

On ajoute ensuite au mélange :

1 centimètre cube du réactif fuchsiné.

2 centimètres cubes de chloroforme pur, exempt ou débarrassé d'alcool.

On agite très fortement pendant une minute.

On laisse déposer le chloroforme qui se colore en rose si la réaction est positive.

On compare la teinte obtenue avec une gamme préparée à l'aide de solutions titrées de bromure de potassium.

La solution mère utilisée était à 0 gr. 15 de bromure de potassium par litre, soit 0 gr. 10 de brome par litre.

Nous avons opéré successivement sur 10 centimètres cubes, puis 20 centimètres cubes d'eau en doublant les réactifs, sauf la fuchsine.

D'après Touplain, en opérant à froid, on évite la formation de chlore, libéré des chlorures de l'eau, qui donnerait à chaud un dérivé fuchsiné soluble en jaune dans le chloroforme.

L'addition d'acide chlorhydrique favorise la libération du brome sous l'influence du mélange sulfo-chromique. Cet acide semble jouer le rôle de catalyseur par formation transitoire de chlorure de chromyle.

Malgré la sensibilité de la méthode, éprouvée avec la gamme étalon, nous n'avons obtenu, avec les eaux, que des colorations insignifiantes, inférieures à celles que donnerait une solution renfermant 0 mg. 2 d'ion Br. par litre.

Ion fluor

L'ion fluor existe, en faible proportion, dans beaucoup d'eaux. Celles de Châteauroux en contiennent des quantités faibles, mais appréciables.

Nous avons fait appel pour le dosage de cet élément à une méthode colorimétrique due à M. CHARONNAT et M^{lle} ROCHE [5], infiniment plus simple que le procédé, très délicat et très long, proposé par A. GAUTIER et CLAUSSMANN [13].

La combinaison complexe rouge violacée que forme l'alizarine sulfonate de sodium avec un sel soluble de zirconyle est transformée par différents acides : un alizarine sulfonate jaune est libéré.

Les ions fluor en milieu chlorhydrique (donc F et H) agissent à des concentrations infiniment plus faibles que les autres ions des eaux naturelles.

Le passage de la teinte rouge à la teinte jaune est d'autant plus marqué que la teneur en ion F est plus élevée.

L'effet des autres ions est, en général, négligeable. Les eaux fortement alcalines, sulfatées ou chlorurées nécessitent seules des éliminations préalables. Les eaux de Châteauroux ne rentrent dans aucune de ces trois catégories et nous avons pu effectuer le dosage directement.

Comme le conseillent les auteurs de la méthode, nous avons effectué d'abord une détermination préliminaire en mélangeant dans un tube de NESSLER 50 centimètres cubes d'eau, 20 centimètres cubes d'acide chlorhydrique concentré et 5 centimètres cubes de réactif (alizarine sulfonate de sodium 0 gr. 34 et nitrate de zirconyle cristallisé 1 gr. 74 par litre). Nous avons remarqué qu'il était bon de mélanger après chaque addition. Nous avons comparé les teintes obtenues avec celles d'une gamme préparée à partir d'une solution à 22 mg. 10 de fluorure de sodium par litre, dont nous avons pris 0 — 2 cc. 5 — 5 — 7,5 centimètres cubes correspondant à 0 — 0 mg. 5 — 1 — 1,5 milligrammes d'ion fluor par litre,

et addition d'eau q.s. à 50 centimètres cubes. On traite ces tubes de la même façon que les tubes réaction. On agite jusqu'à coloration homogène, on laisse au repos une demi-heure et on agite à nouveau. Il s'est formé un léger flocculat qui se remet bien en suspension et donne des solutions limpides.

Ayant constaté la faible teneur en fluor des eaux examinées, nous avons fait une nouvelle gamme pour une détermination précise.

Nous avons pris 0 — 1 cc. — 1,5 — 2 — 2,5 — 3 centimètres cubes de la solution étalon correspondant à : 0 — 0 mg. 20 — 0,30 — 0,40 — 0,50 — 0,60 d'ion fluor par litre, et avons opéré comme ci-dessus, mais, suivant la recommandation faite par les auteurs du procédé, en ajoutant 1 centimètre cube de réactif seulement.

Ion AsO_4^{---}

LÉONARDON [19] a indiqué pour doser l'arsenic dans les eaux, un procédé, basé sur la méthode de CRIBIER où il utilise l'action de l'hydrogène arsénié sur un sel mercurique.

Dans ce travail, nous en avons employé un autre, décrit par MARTIN et PIEN [21].

Bien que les auteurs aient surtout envisagé la possibilité d'effectuer rapidement des dosages en grande série, tels que, par exemple, le triage d'un lot de touries d'acide chlorhydrique, leur méthode peut fort bien s'appliquer au dosage de l'arsenic dans les eaux.

La méthode a pour base l'action de l'hydrogène arsénié, produit dans la réaction, sur le nitrate d'argent, qui est réduit à l'état d'argent métallique.

Cette réaction n'avait été, avant eux, utilisée que comme réaction qualitative (essai Gutzeit). On fait réagir l'hydrogène arsénié sur des papiers réactifs au nitrate d'argent, que l'on compare ensuite avec une gamme établie dans les mêmes conditions d'expérience.

MARTIN et PIEN indiquent deux modes opératoires principaux :

Le premier s'applique à la recherche de l'arsenic sur d'assez grandes quantités de substances. Il est surtout destiné aux essais en grande série.

Le deuxième, au contraire, a trait à la recherche sur une petite quantité de matière. Il possède l'avantage de ne mettre en œuvre qu'une faible quantité de réactifs, ce qui diminue la cause d'erreur due à l'introduction accidentelle d'arsenic. C'est ce procédé que nous avons employé.

Les *réactifs* nécessaires sont les suivants :

1° Zinc pur en aiguilles de 2 millimètres de longueur.

2° Acide sulfurique pur à 50 % en volume.

3° Solution de sous-acétate de plomb.

4° Solution de nitrate d'argent à 5 %.

5° Papier filtre sans cendres, à grain assez fin, découpé en disques de 40 millimètres de diamètre et conservé en flacons bien bouchés.

L'appareil [schéma 8, p 140] se compose de :

1° Un tube à essai gros et court A, de 2 centimètres de diamètre et 7 centimètres de haut, muni d'un bouchon caoutchouc à 2 trous.

2° Un tube à entonnoir B, fin et recourbé à sa partie inférieure pour empêcher la sortie du gaz.

3° Un tube C, de 2 centimètres de diamètre intérieur et de 5 centimètres de long, prolongé par un tube fin qui traverse le bouchon.

4° Un petit cristallisoir D.

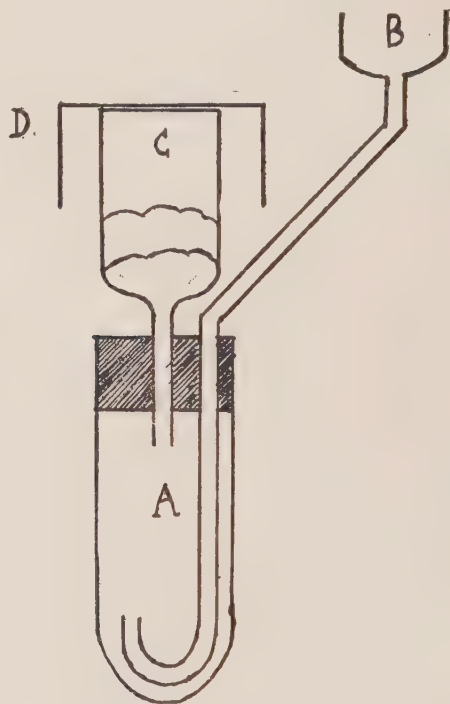
5° Un manchon de papier noir recouvrant le cristallisoir.

Avant de passer à l'essai, il faut effectuer quelques opérations préliminaires :

1° Imprégner un tampon de coton de sous-acétate de plomb. Bien l'essorer. Le placer dans le fond du tube C sur l'ori-

fice d'arrivée des gaz, un deuxième tampon d'ouate sèche est tassé sur le premier.

2° Introduire dans le tube A 0 gr. 500 de zinc en tronçons



(18) Dosage de l'ion AsO_4^{--}

et 5 centimètres cubes d'eau distillée (qui sert à introduire la substance soumise à l'essai).

3° Plonger un disque de papier dans la solution de nitrate d'argent. L'essorer dans des doubles de papier filtre sans cendres et le placer horizontalement sur le tube C, en le maintenant en place à l'aide du petit cristalliseur renversé, que l'on recouvre du manchon de papier noir.

On procède alors à l'essai.

100 centimètres cubes d'eau ont été évaporés au B.M. en présence de 0 cc. 5 d'acide azotique pur. Evaporer à sec et chauffer jusqu'à disparition totale de l'acide azotique.

Reprendre le résidu avec 5 centimètres cubes d'eau distillée, que l'on introduit dans le tube A de l'appareil.

Faire alors couler 1 centimètre cube d'acide sulfurique à 50 %, par le tube à entonnoir. Au bout d'une demi-heure, introduire à nouveau 1 centimètre cube de cet acide et, si nécessaire, 1 centimètre cube encore une heure après.

Quand tout le zinc a disparu, retirer le papier du cristalliseur. L'hydrogène arsénié, formé par réduction à partir de l'arsenic grâce à l'hydrogène naissant dégagé dans le tube, a impressionné le papier au nitrate d'argent. Une tache d'argent réduit s'est formée, dont l'intensité, proportionnelle à la quantité d'arsenic contenue dans les 100 centimètres cubes d'eau, est comparée à l'intensité des taches d'une gamme étalon.

Cette gamme est constituée aux doses suivantes :

0,5 — 1 — 2,5 — 5 — 10 millièmes de milligrammes As_2O_3 .

Les auteurs de la méthode ont indiqué un moyen de conserver les taches types.

Si l'on ne veut pas constituer une gamme complète, on peut comparer les taches obtenues avec une reproduction photographique très nette, donnée par MARTIN et PRIEN, des taches produites par des quantités croissantes de As_2O_3 .

Toutefois, il est indispensable d'être certain de la pureté de ses réactifs et :

1° de comparer la faible teinte produite par un tube témoin à eau distillée avec la tache correspondante de la gamme et constater l'identité des teintes.

2° de comparer la tache produite par une quantité connue de As_2O_3 avec la tache correspondante de la gamme et constater l'identité des teintes.

A ces conditions seulement et en suivant scrupuleusement la technique indiquée par les auteurs, il est possible de faire une lecture correcte.

Des quatre sources examinées, deux : *Fonts* et les *Religieuses*, nous ont donné des résultats franchement négatifs, et c'est dans une seule, la source *Boiry*, qu'il nous a été possible de déceler une quantité appréciable, quoique infime, d' As_2O_3 , de l'ordre du demi-millième de milligramme.

Ion PO_4^{---}

Pour cette détermination nous avons utilisé la méthode colorimétrique décrite par Florentin [11] : quelques modifications ont été reconnues nécessaires, car la technique initiale ne nous avait pas donné entière satisfaction ; en particulier, la comparaison entre les teintes obtenues pour des solutions de titres connus et pour les eaux naturelles s'était avérée très délicate.

Le principe de la méthode (céruleomolybdimétrie) a été indiqué par Denigès : si, à une eau contenant une petite quantité de phosphate (ou d'arséniate), on ajoute quelques gouttes d'une solution sulfurique de molybdate d'ammoniaque, et une goutte ou deux d'une solution étendue de chlorure stanneux, il se produit une coloration bleue, due à la formation d'un complexe phospho-molybdique. Les sels de molybdène fournissent également, en présence du chlorure stanneux, une coloration bleue par formation d'oxyde salin de molybdène, mais cette coloration n'apparaît pas si la solution est suffisamment acide. Au contraire, en présence de phosphates (ou d'arséniates) la coloration bleue est stable même en milieu acide.

Nous avons utilisé les réactifs suivants qui diffèrent de ceux employés par Florentin. D'une part, en effet, l'expérience nous a appris qu'il était préférable, pour la netteté des teintes finales, d'opérer en milieu encore plus acide que l'auteur précité. D'autre part, nous avons cru utile de faire une solution à titre constant de sulfate de cuivre, afin d'opérer toujours rigoureusement dans les mêmes conditions.

1. — *Réactif sulfo-molybdique.*

Solution molybdate d'ammonium à 10 %.
Acide sulfurique pur à 66 degrés B. } Volumes égaux.
Conserver dans un flacon jaune.

2. — *Solution de chlorure stanneux.*

Dissoudre dans un tube à essai, à douce chaleur, 0 gr. 10 d'étain dans 2 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur, additionné de 1 goutte de solution de sulfate de cuivre à 2 %.

Compléter, après dissolution, à 10 centimètres cubes avec de l'eau distillée.

3. — *Solution étalon.*

5 gr. 042 de phosphate de soude officinal et non effleuré ($\text{PO}_4\text{Na}_2\text{H}$, 12 H_2O) sont dissous dans 1.000 centimètres cubes d'eau. Cette solution correspond à 1 pour 1.000 de P_2O_5 .

Nous avons dilué à 1 centimètre cube pour 1.000 la solution étalon ci-dessus et avons préparé une échelle colorimétrique en prélevant : 0,5 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10 centimètres cubes de la solution étalon diluée à 1/1000 et en complétant chaque tube à 10 centimètres cubes avec de l'eau distillée. La gamme allait donc de 0,05 à 1 milligramme de P_2O_5 par litre.

On ajoute dans chaque tube quatre à cinq gouttes de réactif molybdique et une à deux gouttes de solution de chlorure stanneux. Il faut avoir soin de ne pas employer un excès de chlorure stanneux.

Parallèlement, on prélève 10 centimètres cubes de l'eau à examiner et on les traite exactement de la même façon.

La gamme ne se conserve pas.

Nous avons donc préparé une nouvelle gamme à chaque série de déterminations.

Après avoir essayé de nombreux procédés pour la lecture des résultats, nous avons adopté la méthode suivante :

Utiliser pour la gamme et les réactions des tubes rigoureusement identiques : même verre, même diamètre, même longueur, et faire deux comparaisons :

1° Observer les tubes de champ, sur fond de papier blanc.

2° Le dos à la lumière, et de préférence dans une pièce éclairée par une seule fenêtre, observer les tubes à bout de bras, sur un écran blanc.

Les deux modes d'observation doivent donner le même résultat et l'on peut ainsi contrôler l'un par l'autre.

Cette façon de procéder nous a paru excellente pour chaque détermination.

Dans cette méthode les arsénates fournissent une coloration semblable à celle des phosphates, mais les quantités sont extrêmement faibles, ou nulles dans les eaux examinées.

Les silicates donnent aussi la réaction, mais seulement pour des quantités appréciables. Ainsi Florentin a montré qu'une solution contenant 0 gr. 10 de silicate de soude par litre reste sensiblement incolore sous l'action des réactifs.

On peut donc considérer la réaction comme spécifique dans le présent cas.

Extrait sec

Pour ce dosage, nous avons adopté la technique classique ; mais il est toujours bon, eu égard aux causes d'erreur, d'en préciser quelques détails :

250 centimètres cubes d'eau sont évaporés au bain-marie dans une capsule de platine de 75 millimètres de diamètre, tarée après passage à l'étuve et refroidissement dans un dessiccateur.

Quand l'évaporation est terminée, la capsule est portée dans une étuve réglée à 180 degrés et chauffée à cette température jusqu'à poids constant.

Après un certain nombre d'opérations, nous avons constaté que ce but était atteint au bout de trois heures, durée d'ailleurs suffisante pour ne pas s'exposer à des erreurs.

La capsule est alors transférée immédiatement dans un dessiccateur contenant de la potasse.

Après refroidissement, la pesée doit être effectuée rapidement. L'humidité fixée à la fois par le résidu et par les bords de la capsule peut, en effet, faire varier dans de fortes proportions le poids d'extrait et amener une cause d'erreur non négligeable.

Voici quelques résultats obtenus (en milligrammes par litre) :

Source de : <i>Le Montet</i>	{ premier dosage : 297
	{ deuxième dosage : 293
— <i>Boiry</i>	{ premier dosage : 305
	{ deuxième dosage : 308
— <i>Religieuses</i>	{ premier dosage : 323
	{ deuxième dosage : 321
— <i>Fonts</i>	{ premier dosage : 351
	{ deuxième dosage : 349

Soit un écart de 0,6 à 1,3 % entre deux déterminations, proportion paraissant acceptable pour ces eaux, du type bicarbonaté calcique.

Extrait sulfaté

Le résidu de l'extrait à 180 degrés est additionné d'acide sulfurique Normal, à raison d'environ 15 centimètres cubes pour 1 gramme d'extrait. On évapore au B.M. jusqu'à résidu sec. On transfère alors la capsule au four à moufle, où l'on chauffe progressivement jusqu'au rouge sombre. Il se produit un dégagement abondant de vapeurs blanches. La capsule est laissée au four jusqu'à poids constant.

En général, il nous a fallu 4 heures pour obtenir ce poids constant.

Les précautions indiquées pour l'extrait à 180 degrés au sujet du transport de la capsule et de la pesée sont également indispensables pour la détermination de cet extrait.

Dans cette opération, l'acide sulfurique déplace les acides volatils, et l'extrait augmente de poids, en général, par sulfatation.

C'est ce qui s'est produit pour les eaux examinées, contenant, en particulier, d'assez fortes proportions d'acide carbonique.

Deux prises d'essai du même échantillon nous ont donné les résultats suivants (en milligrammes par litre) :

Source de : <i>Le Montet</i>	} premier dosage : 350
	} deuxième dosage : 349
— <i>Boiry</i>	} premier dosage : 355
	} deuxième dosage : 358
— <i>Religieuses</i>	} premier dosage : 406
	} deuxième dosage : 405
— <i>Fonts</i>	} premier dosage : 475
	} deuxième dosage : 474

L'écart entre deux déterminations sur le même échantillon est un peu moins considérable que pour l'extrait à 180 degrés, soit 0,2 à 1 % au plus.

Alcalinité totale

Chaque mois, l'alcalinité totale a été déterminée en neutralisant 250 centimètres cubes d'eau par l'acide sulfurique 0,1 N, en présence de méthylorange comme indicateur.

Chaque opération avait lieu en regard d'un témoin contenant de l'eau distillée afin, par comparaison, de saisir exactement le virage.

Les résultats sont exprimés en milligrammes de chaux (OCa) par litre ; 1 centimètre cube d'acide sulfurique 0,1 N représente l'alcalinité produite par 0 gr. 0028 de chaux OCa.

Voici quelques résultats obtenus (en milligrammes de OCa par litre) :

<i>Le Montet</i>	<i>Boiry</i>
1 ^{er} dosage : 129	135
2 ^e dosage : 128	136
<i>Religieuses</i>	<i>Fonts</i>
1 ^{er} dosage : 134	156
2 ^e dosage : 133	156

Ammoniaque

Successivement ont été dosées dans les eaux étudiées : l'ammoniaque *libre et saline*, puis l'ammoniaque *protidique*.

Nous avons utilisé la Nesslerisation d'après la technique indiquée par François [12] dont on rappelle simplement ci-après les grandes lignes.

On distille lentement 500 centimètres cubes d'eau en présence de magnésie (1) dans un appareil de Delattre. L'ammoniaque passe dans le premier dixième d'eau distillée.

On recueille dans un premier tube de Nessler 50 centimètres cubes de distillat et, dans un deuxième, une nouvelle fraction de 50 centimètres cubes. Le résidu de distillation servira au dosage de l'ammoniaque albuminoïde.

On introduit, d'autre part, dans 10 tubes de Nessler des quantités croissantes de solution étalon de chlorure d'ammonium pur à 0 gr. 0382 par litre, dont 1 centimètre cube correspond à 0 mg. 012 d'ammoniaque : 0 cc. 5, 1 centimètre cube, 1,5 5 centimètres cubes. La gamme va donc de 0 mg. 006 à 0 mg. 060 d'ammoniaque. On complète au trait avec de l'eau distillée.

On verse alors dans chaque tube de la gamme et dans les deux tubes à réaction le réactif de Nessler, préparé avec des

(1) Au cours de la rédaction de ce travail, nous avons appris que la magnésie était une base trop forte qui hydrolysait déjà à la longue certaines substances azotées. En Amérique [27] on maintient constant le pH à 7,4 durant toute la distillation, en substituant à la magnésie une solution tampon de phosphates monopotassique et bipotassique.

produits purs, exempts d'ammoniaque. On remue doucement avec un agitateur pour éviter toute floculation du complexe. On abandonne au repos 10 minutes.

Avec de si faibles doses d'ammoniaque on obtient, non pas un précipité, mais une coloration qui se prête à une comparaison colorimétrique.

Bien que la distillation ait été effectuée en une heure environ, nous avons toujours obtenu une coloration, très faible il est vrai, dans la deuxième fraction du distillat.

Les résultats partiels des deux tubes réaction ont donc été additionnés.

Sur le résidu refroidi contenu dans le ballon de distillation, on procède au dosage de l'ammoniaque protidique.

Pour cela, on décompose les matières albuminoïdes à l'aide d'une solution alcaline forte de permanganate de potassium et on transforme leur azote en ammoniaque que l'on dose, comme précédemment, par distillation et Nesslerisation. Pendant toute la distillation le contenu du ballon doit rester rose, signe que la quantité ajoutée de permanganate est suffisante pour oxyder complètement la matière organique.

Avant les dosages, un essai à blanc a été effectué. Entre chaque détermination également, nous avons répété cet essai, afin de nous assurer qu'aucune trace d'ammoniaque ne subsistait dans l'appareil.

Hydrogène sulfuré et sulfures

L'hydrogène sulfuré et les sulfures dans les eaux potables proviennent soit d'une contamination directe, soit d'une réduction des sulfates par certaines bactéries.

La recherche a été effectuée sur des eaux fraîchement prélevées et dans des bouteilles non encore débouchées.

L'hydrogène sulfuré libre est déjà facilement décelé par son odeur caractéristique. La sensibilité olfactive de l'expérimentateur est un gros facteur dans l'appréciation, mais on sait que certaines personnes peuvent déceler jusqu'à un mi

lième de milligramme d'hydrogène sulfuré. De plus, dans une bouteille à moitié vidée, et bouchée, un papier réactif à l'acétate de plomb a été suspendu et abandonné pendant plusieurs jours.

La même opération a été conduite après avoir acidulé l'eau par quelques gouttes d'acide chlorhydrique, afin de déceler, le cas échéant, la présence des sulfures.

Enfin, malgré que cette réaction soit moins sensible, l'eau alcalinisée par quelques gouttes de lessive de soude a été additionnée de 1 centimètre cube de solution récente de nitroprussiate de sodium : la présence de sulfures se serait manifestée par une coloration violette.

Toutes ces réactions ont été négatives.

Ion NO_2^-

La recherche des nitrites a été effectuée, pendant huit mois, sur de l'eau fraîchement prélevée.

Elle a été réalisée à l'aide de sulfate de métaphénylène diamine.

Le réactif se prépare en dissolvant 0 gr. 50 de métaphénylène diamine pure, fusible à 63 degrés, dans 100 centimètres cubes d'acide sulfurique à 50 %.

On verse 3 à 4 centimètres cubes du réactif dans environ 100 centimètres cubes d'eau placés dans un verre à pied.

S'il y a des nitrites dans l'eau, il se forme un dérivé azoïque, le brun Bismarck, qui communique à l'eau une coloration brun jaune.

Chaque série d'essais a été effectuée en présence d'un témoin renfermant 0 mg. 1 d'acide nitreux exprimé en N_2O_3 .

Toutes les recherches ont été franchement négatives sur les eaux examinées.

Matières organiques

L'évaluation des matières organiques a été faite par détermination de l'oxygène emprunté au permanganate de potas-

sium, méthode trop connue pour l'indiquer ici de façon détaillée. Il suffit de mentionner que la technique rapportée dans l'ouvrage de Touplain [28, p. 88 et suivantes] a été exactement suivie.

Nous avons effectué un dosage en milieu alcalin, et un autre en milieu acide.

D'après Pouchet et Bonjean [23], la consommation d'oxygène par les produits d'origine animale serait plus forte en milieu alcalin qu'en milieu acide ; ce serait l'inverse pour les produits d'origine végétale.

Milieu alcalin.

On fait simultanément deux essais en prenant, dans l'un, 100 centimètres cubes d'eau à examiner + 100 centimètres cubes d'eau distillée ; dans l'autre, 200 centimètres cubes d'eau à examiner. On alcalinise au moyen de 3 centimètres cubes de solution de bicarbonate de sodium.

Milieu acide.

On fait également deux essais, l'un avec 200 centimètres cubes d'eau distillée, l'autre avec 200 centimètres cubes d'eau à examiner. On acidifie à l'aide de 10 centimètres cubes d'acide sulfurique pur.

Le résultat du dosage porte donc sur 200 centimètres cubes, alors qu'en milieu alcalin, il porte sur 100 centimètres cubes.

Les résultats sont exprimés en milligrammes d'oxygène par litre empruntés au permanganate de potassium.

CHAPITRE VI

Etude de la Minéralisation

Avant d'exposer les résultats des recherches ayant trait à la minéralisation des sources *Boiry*, des *Religieuses*, du *Montet* et de *Fonts*, nous croyons nécessaire d'indiquer, le plus exactement possible, où et comment nous avons prélevé les échantillons d'eau soumis à l'analyse.

LIEUX DE PRÉLÈVEMENT

De juillet 1935 à juillet 1936, le 20 de chaque mois, nous avons prélevé de l'eau aux quatre sources choisies. Nous nous sommes efforcé de faire ces prélèvements à l'émergence même, ou le plus près possible de celle-ci.

Source Boiry. — Cette source est captée dans une chambre rectangulaire d'une surface de 70 mètres carrés, en maçonnerie, parcourue à l'intérieur par une passerelle en bois, malheureusement inutilisable pendant l'année des prélèvements par suite de la vétusté des planches et de leur fragilité. Les sources constituant la fontaine *Boiry* ont leur émergence à l'intérieur même de la chambre de captage, au fond de cette chambre, et un peu à droite de la porte d'accès. C'est donc dans cette chambre même que l'on a prélevé l'eau destinée aux analyses.

Source des Religieuses. — Elle a son émergence sous un regard carré et scellé qui se trouve au milieu de la rue dite « Ruelle-Basse ». Un canal amène ensuite les eaux à un petit bassin, d'où elles sont dérivées, partie vers des lavoirs, partie vers les réservoirs de l'usine de pompage.

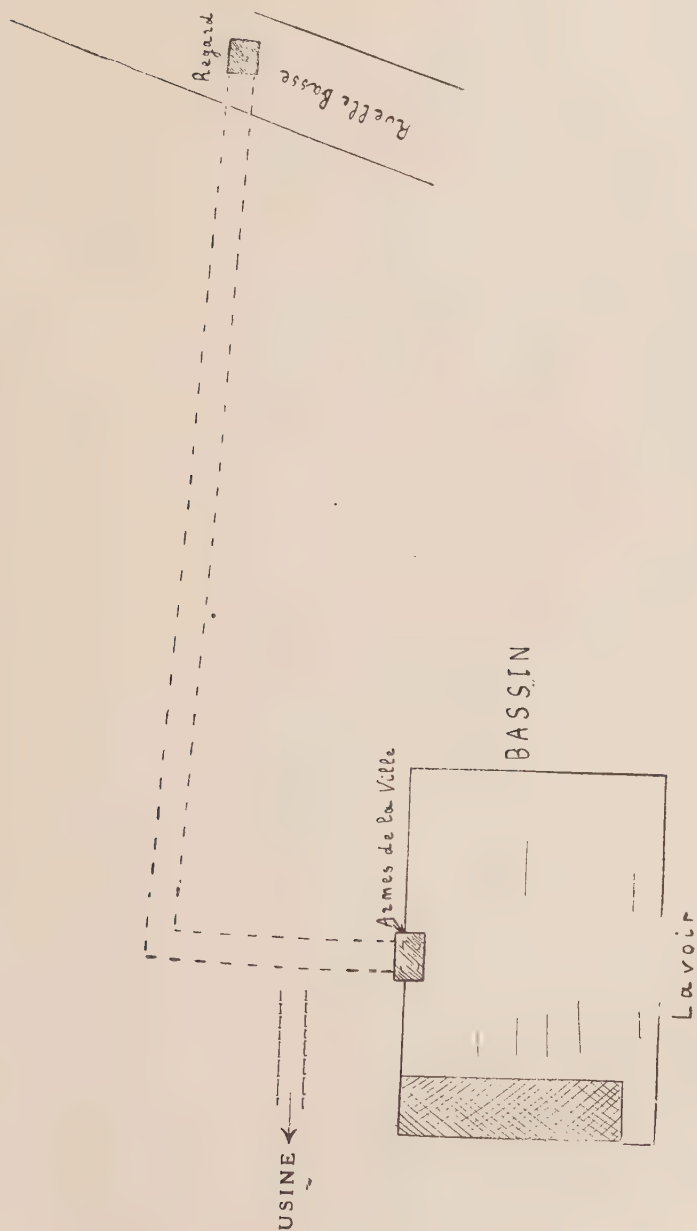
Le radier a été établi de façon à réaliser un partage d'eau entre les usagers et la Ville. Les prélèvements ont été effectués dans ce petit bassin, à 15 mètres environ de l'émergence, devant et sous la pierre qui constitue la clef de la voûte où sont gravées les armes de la Ville (voir schéma 9).

Source du Montet. — Ici, nous avons pu prélever les échantillons d'eau à l'émergence même, à la base de la pente couverte de terre végétale, d'où sort la source.

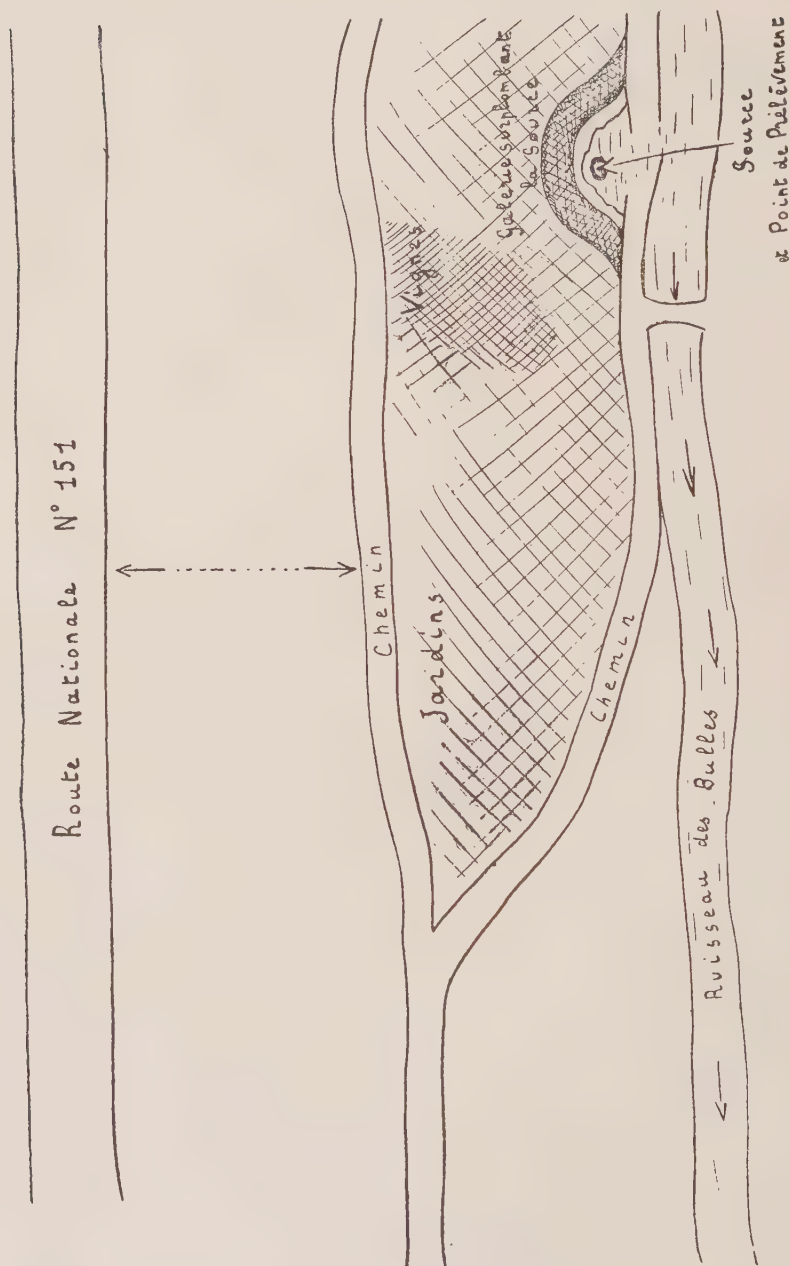
De là, l'eau passe sur le chemin qui traverse à gué pour se perdre dans le ruisseau des Bulles (voir schéma 10, p. 154). Les prélèvements, pendant les mois d'hiver et de printemps, ont été rendus difficiles par les crues, qui ne nous ont permis d'atteindre l'émergence qu'à l'aide d'installations de fortune.

Source de Fonts. — La véritable source de *Fonts* sourd au milieu d'un large bassin encombré d'herbes aquatiques et situé dans une propriété appartenant à M. Johannet. Les difficultés de prélèvements corrects et purs inhérentes à la situation de la source apparaissent évidentes. De plus et surtout, cette source, à l'émergence, n'a pas d'intérêt au point de vue alimentation en eau potable, car le village de Fonts étage ses maisons exactement au-dessus. Un géologue, consulté lorsqu'on avait songé à utiliser la source, avait d'ailleurs formulé une opposition catégorique. La Ville a alors cherché, en forant un puits, à recouper, à l'amont du village, la rivière alimentant la fontaine. Mais on n'a pas rencontré l'eau. C'est pourquoi l'on a creusé une galerie souterraine, de 5/4 mètres de longueur, qui aboutit au front d'une vaste carrière.

Dans cette galerie, des venues d'eau ont été rencontrées,



(9) SOURCE des RELIGIEUSES



(10) SOURCE du MONTET

d'un débit de 21 litres-seconde environ. A l'aboutissement dans la carrière, on a creusé un puits formant réservoir pour installer les pompes. L'installation a été recouverte d'un hangar, mais à l'époque de nos prélèvements, toute exploitation était abandonnée et la construction se trouvait dans un état de délabrement avancé.

C'est dans ce réservoir, sous ce qui reste du hangar, que nous avons fait les prélèvements. Ceux-ci portent donc sur une eau provenant des émergences rencontrées dans la galerie, et toutes voisines du puits (Voir schéma 11, p. 156).

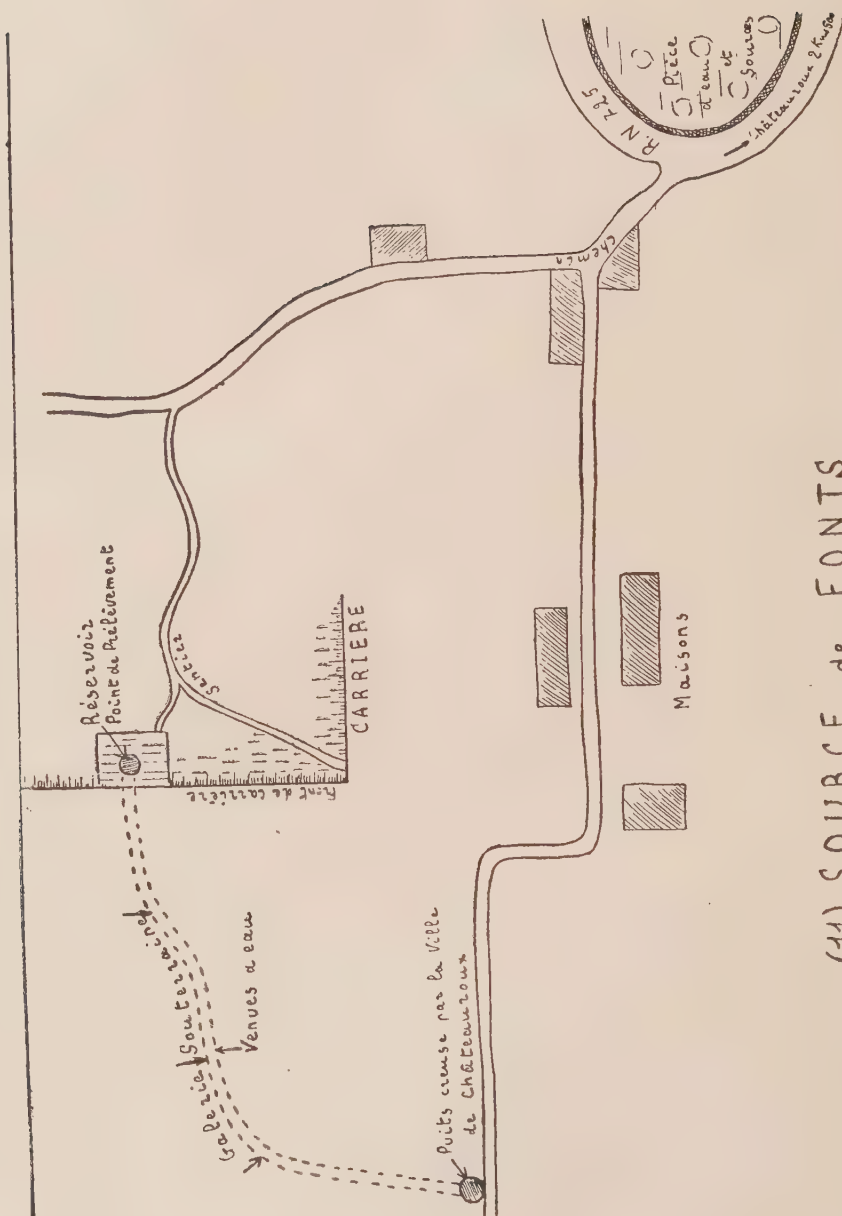
Ces prélèvements ont été rendus très pénibles pendant les périodes de crue. Il était difficile, en effet, à ces époques, d'accéder au puits-réservoir. Nous y sommes cependant toujours parvenu, mais pour atteindre, parfois, une eau troublée par son contact avec les matériaux laissés pêle-mêle depuis les travaux que nous venons de relater.

MATÉRIEL ET MODE DE PRÉLÈVEMENT

Pour les prélèvements mensuels, nous avons utilisé des bouteilles d'un litre, en verre non coloré. Elles subissaient au préalable le traitement suivant : lavage soigné à l'eau ordinaire ; lavage à l'aide d'une solution saturée de permanganate de potassium, suivi d'un rinçage à l'acide sulfurique dilué.

Après dix minutes de contact, nouveau lavage à grande eau, afin d'éliminer toute trace d'acide. Enfin, rinçage à l'eau distillée. Après ce dernier rinçage, nous nous assurons qu'aucune acidité ne persistait dans la bouteille. Si une légère acidité était encore décelée, la bouteille était à nouveau rincée à grande eau, puis à l'eau distillée, et une nouvelle vérification effectuée.

Les bouteilles étaient bouchées à l'aide de bouchons en liège, maintenus un quart d'heure dans l'eau bouillante. Elles n'étaient ensuite débouchées qu'au moment des prélèvements, et rebouchées aussitôt.



(11) SOURCE de FONTS

Au moment du prélèvement, chaque bouteille était rincée deux à trois fois avec l'eau à prélever. Les bouchons également étaient lavés avec cette eau, avant d'être enfoncés au ras du goulot et coiffés d'un papier parchemin.

Les prélèvements mensuels ont été de 5 litres d'eau pour chaque source. Pour les prélèvements de février, sur lesquels a porté l'analyse complète de minéralisation, nous nous sommes servi de bonbonnes de 25 litres, qui ont subi le même traitement que les bouteilles. En plus, il a été prélevé cinq bouteilles d'un litre.

La technique des prélèvements en vue de l'analyse bactériologique est décrite au chapitre « Bactériologie ».

En suivant les méthodes décrites dans le chapitre précédent et en nous conformant au mode de prélèvement que nous venons d'indiquer, nous avons obtenu les résultats ci-après, en ce qui concerne la minéralisation des eaux de chaque source.

Ces résultats se rapportent aux prélèvements effectués le 20 février 1936.

Indications pluviométriques du mois : 64 mm. 8.

Indications pluviométriques de la veille du jour des prélèvements : 2 mm. 1.

Indications pluviométriques du jour des prélèvements : 0.

Source Boiry

Prélèvement du 20 février 1936

Heure : 16 h. 50.

Température extérieure : 11°,5. Température à l'intérieur de la salle de captage : 12 degrés.

Température de l'eau : 12°,5.

Source en crue.

Source des Religieuses*Prélèvement du 20 février 1936*

Heure : 16 h. 15.

Température extérieure : 11°,7.

Température de l'eau : 13 degrés.

Source en crue.

Éléments dosés (en milligrammes par litre)

CATIONS

Calcium, Ca^{++}	101
Magnésium, Mg^{++}	6,8
Sodium, Na^{+}	6,7
Potassium, K^{+}	1,9
Fer, Fe^{+++}	1,5

ANIONS

Carbonique — CO_3 total à la source, CO_3^{--}	360
CO_3 de l'extrait à 180°, CO_3^{--} ..	142,9
Chlore, Cl^{-}	9,7
Sulfurique, SO_4^{--}	8,9
Nitrique, NO_3^{-}	24,3
Silicique, SiO_3^{--}	14,5
Brome, Br^{-}	< 0,2
Fluor, F^{-}	0,5
Arsénique, AsO_4^{--}	0
Phosphorique, PO_4^{--}	< 0,03

Déterminations complémentaires

Extrait sec à 180 degrés	328
Extrait sulfaté	405
Alcalinité totale, en OCa	134
Ammoniaque saline, en NH_3	0,042
— albuminoïde, en NH_3	0,13
SH_2 et sulfures (1)	0

(1) Voir note, page 158.

Déterminations complémentaires

Extrait sec à 180 degrés	300,5
Extrait sulfaté	370,5
Alcalinité totale, en OCa	128,5
Ammoniaque saline, en NH ₃	0,13
albuminoïde, en NH ₃	0,14
SH ₂ et sulfures (1)	0
Nitrites (1), en NO ₂	0
Matières organiques (1). Milieu acide, en O	0,20
Milieu alcalin, en O	0,32
Rapport $\frac{\text{SO}_4}{\text{Ca}}$	0,014
Rapport $\frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$	0,037

Source de Fonts

Prélèvement du 20 février 1936

Heure : 15 h. 30.

Température extérieure : 11°,5. A l'intérieur du hangar : 12 degrés.

Température de l'eau : 12 degrés.

Source en crue.

Eléments dosés (en milligrammes par litre)

CATIONS

Calcium, Ca^{++}	128
Magnésium, Mg^{++}	4,9
Sodium, Na^{+}	6,7
Potassium, K^{+}	I
Fer, Fe^{++}	I, I

(1) Voir note, page 158.

ANIONS

Carbonique — CO_3 total à la source, CO_3^{--}	400,9
CO_3 de l'extrait à 180°, CO_3^{--} ..	170,4
Chlore, Cl^-	13,3
Sulfurique, SO_4^{--}	11,5
Nitrique, NO_3^-	27,6
Silicique, SiO_3^{--}	15,2
Brome, Br^-	< 0,2
Fluor, F^-	0,4
Arsénique, AsO_4^{--}	0
Phosphorique, PO_4^{--}	< 0,03

Déterminations complémentaires

Extrait sec à 180 degrés	397,5
Extrait sulfaté	474,5
Alcalinité totale, en OCa	156
Ammoniaque saline, en NH_3	0,012
albuminoïde, en NH_3	0,108
SH_2 et sulfures (1)	0
Nitrites, en NO_2^- (1)	0
Matières organiques (1). Milieu acide, en O	0,16
Milieu alcalin, en O	0,16
Rapport $\frac{\text{SO}_4}{\text{Ca}}$	0,089
Rapport $\frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$	0,038

Tels sont les résultats obtenus pour les quatre sources étudiées. Ces résultats, nous avons cru bon de les soumettre à la vérification du calcul, en leur appliquant les quatre règles suivantes. Il est ainsi possible d'apprécier le degré de précision des expériences.

(1) Voir note, page 158.

Première règle. — L'extrait sulfaté représente sensiblement la somme des cations en sulfates + SiO_2 + O_3Fe_2 + O_3Al_2 . Le gaz carbonique n'intervient pas.

Deuxième règle. — L'extrait à 180 degrés représente sensiblement la somme des ions, sauf le gaz carbonique libre. Le gaz carbonique de l'extrait à 180 degrés intervient.

Troisième règle. — La somme des milliéquivalents des anions (sauf le gaz carbonique libre) est égale à la somme des milliéquivalents des cations. Le gaz carbonique intervient encore.

Quatrième règle. — Le degré alcalimétrique exprimé en CO_3Ca , diminué du calcium trouvé, est approximativement égal à l'ion CO_3^{--} . Mais il convient de remarquer que cette dernière règle est tout à fait approximative.

L'application de ces règles à notre travail nous donne, pour chacune des sources étudiées, les chiffres ci-après :

Source Boiry

I. — Extrait sulfaté = cations en sulfates + SiO_2 + O_3Fe_2 (+ O_3Al_2).

Ca = 105	$\text{SO}_4\text{Ca} = 357$
Mg = 4,60	$\text{SO}_4\text{Mg} = 23$
Na = 6,29	$\text{SO}_4\text{Na}_2 = 19,41$
K = 3,35	$\text{SO}_4\text{K}_2 = 7,48$
Fe = 1,86	406,89
$\text{SiO}_2 = 12$	$\text{O}_3\text{Fe}_2 = 2,66$
	$\text{SiO}_2 = 12$
	421,55

pour un extrait sulfaté trouvé égal à 405.

II. — Extrait à 180 degrés = somme des ions, sauf CO_2 libre.

CO_3 =	141,81	Ca =	105
Cl =	12,7	Mg =	4,6
SO_4 =	3,75	Na =	6,29
NO_3 =	26,57	K =	3,35
SiO_3 =	15,2	Fe =	1,86
	200,03		121,10
Total = 321,13			

pour un extrait à 180 degrés trouvé égal à 331.

III. — Milliéquivalents anions = milliéquivalents cations.

CO_3 =	4,72	Ca =	5,25
Cl =	0,35	Mg =	0,38
SO_4 =	0,07	Na =	0,27
NO_3 =	0,42	K =	0,08
SiO_3 =	0,40	Fe =	0,06
	5,96		6,04

IV. — Degré alcalimétrique en CO_3Ca = 242,85

— Ca dosé = 105

Reste pour CO_3 137,85

pour CO_3 trouvé égal à : 141,81.

Source des Religieuses

I. — Extrait sulfaté = cations en sulfates + $\text{SiO}_2 + \text{O}_3\text{Fe}_2$
(+ O_3Al_2).

Ca	=	101	SO_4Ca	=	343,4
Mg	=	6,80	SO_4Mg	=	34
Na	=	6,75	SO_4Na_2	=	20,83
K	=	1,95	SO_4K_2	=	4,35
Fe	=	1,56			402,58
SiO_2	=	11,50	O_3Fe_2	=	2,22
			SiO_2	=	11,50
					416,30

pour un extrait sulfaté trouvé égal à 405.

II. — Extrait à 180 degrés = somme des ions, sauf CO_2 libre.

CO_3	=	142,9	Ca	=	101
Cl	=	9,7	Mg	=	6,80
SO_4	=	8,95	Na	=	6,75
NO_3	=	24,35	K	=	1,95
SiO_3	=	14,56	Fe	=	1,56
		200,46			118,06
					Total = 318,52

pour un extrait à 180 degrés trouvé égal à : 328.

III. — Milliéquivalents anions = milliéquivalents cations.

CO ₃ = 4,76	Ca = 5,05
Cl = 0,27	Mg = 0,56
SO ₄ = 0,18	Na = 0,29
NO ₃ = 0,39	K = 0,05
SiO ₃ = 0,38	Fe = 0,05
5,98	6,00

IV. — Degré alcalimétrique en CO₃Ca = 239,28

— Ca trouvé = 101

 Reste pour CO₃ 138,28
pour CO₃ trouvé égal à : 142,90.

Source du Montet

I. — Extrait sulfaté = cations en sulfates + O₃Fe₂ + SiO₂ (+ O₃Al₂).

Ca = 98,4	SO ₄ Ca = 334,56
Mg = 3,68	SO ₄ Mg = 18,40
Na = 4,84	SO ₄ Na ₂ = 14,94
K = 1,24	SO ₄ K ₂ = 2,76
Fe = 0,73	370,66
SiO ₂ = 10	O ₃ Fe ₂ = 1
	SiO ₂ = 10
	381,66

pour un extrait sulfaté trouvé égal à : 370,5.

II. — Extrait à 180 degrés = somme des ions, sauf CO_2 libre.

CO_3 =	137,72	Ca =	98,4
Cl =	9,55	Mg =	3,68
SO_4 =	1,40	Na =	4,84
NO_3 =	13,28	K =	1,24
SiO_3 =	12,66	Fe =	0,73
	<u>174,61</u>		<u>108,89</u>

Total = 283,50

pour un extrait à 180 degrés trouvé égal à : 300,5.

III. — Milliéquivalents anions = milliéquivalents cations.

CO_3 =	4,59	Ca =	4,92
Cl =	0,26	Mg =	0,30
SO_4 =	0,03	Na =	0,21
NO_3 =	0,21	K =	0,03
SiO_3 =	0,33	Fe =	0,02
	<u>5,42</u>		<u>5,48</u>

IV. — Degré alcalimétrique en CO_3Ca = 229,4

— Ca dosé = 98,4

Reste pour CO_3 131,0

pour CO_3 trouvé égal à 137,7.

Source de Fonts

I. — Extrait sulfaté = cations en sulfates + $\text{SiO}_2 + \text{O}_3\text{Fe}_2$ (+ O_3Al_2).

Ca =	128	SO_4Ca =	435,2
Mg =	4,9	SO_4Mg =	24,50
Na =	6,77	SO_4Na_2 =	20,88
K =	1,02	SO_4K_2 =	2,27
			<u>482,85</u>
Fe =	1,13	O_3Fe_2 =	1,61
SiO_2 =	12	SiO_2 =	12,00
			<u>496,46</u>

pour un extrait sulfaté trouvé égal à 474,5.

II. — Extrait à 180 degrés = somme des ions, sauf CO_2 libre.

CO_3 =	170,45	Ca =	128
Cl =	13,30	Mg =	4,9
SO_4 =	11,50	Na =	6,77
NO_3 =	27,67	K =	1,02
SiO_3 =	15,20	Fe =	1,13
238,12		141,82	

Total = 379,94

pour un extrait à 180 degrés trouvé égal à : 397,5.

III. — Milliéquivalents anions = milliéquivalents cations.

CO_3 =	5,68	Ca =	6,40
Cl =	0,37	Mg =	0,40
SO_4 =	0,23	Na =	0,29
NO_3 =	0,44	K =	0,02
SiO_3 =	0,40	Fe =	0,04
7,12		7,15	

IV. — Degré alcalimétrique en CO_3Ca = 278,5

— Ca dosé = 128

Reste pour CO_3 = 150,5

pour CO_3 trouvé égal à : 170,4.

REMARQUE CONCERNANT LE DOSAGE DE CERTAINS ÉLÉMENTS DANS DES EAUX BICARBONATÉES CALCIQUES

Au cours de ces analyses, par lesquelles nous nous sommes efforcé de déterminer la minéralisation des principales sources de Châteauroux, il nous a été donné de reconnaître un fait assez curieux.

Sur les échantillons prélevés en février, nous avons effectué presque aussitôt après le prélèvement les déterminations

de l'extrait et de l'alcalinité totale, qui avaient fourni, pour la source des *Religieuses*, les résultats suivants :

Extrait à 180 degrés	327 milligrammes par litre
Extrait sulfaté	406
Alcalinité totale en OCa	134

Plus d'un mois après, les déterminations relatives aux ions calcium et magnésium donnaient comme chiffres moyens :

Ca	83
Mg	6,8

Toutes ces recherches portaient sur la même bonbonne, entamée depuis février-mars.

A quelques mois de là, en novembre et décembre, nous étions amené à procéder à quelques dosages de vérification sur la même eau, de la même bonbonne, et ce n'est pas sans surprise que nous obtenions (chiffres moyens) :

Extrait à 180 degrés	251 milligrammes
Extrait sulfaté	294
Alcalinité totale en OCa	95,2
Ca	72,6
Mg	6,9

Devant ces écarts, nous avons pensé à opérer non plus sur la bonbonne entamée, mais sur des bouteilles pleines, prélevées en même temps.

Les résultats furent différents (chiffres moyens) :

Extrait à 180 degrés	328 milligrammes
Extrait sulfaté	405
Alcalinité totale en OCa	134
Ca	101
Mg	6,8

Le gaz carbonique avait subi, lui aussi, des variations du même ordre.

Les extraits et l'alcalinité donnaient donc des chiffres très voisins de ceux obtenus aussitôt après le prélèvement. Pour les autres éléments, les écarts étaient considérables, surtout par rapport aux chiffres obtenus en novembre-décembre.

Nous avons alors vérifié toutes les déterminations effectuées pour chaque source.

Celles faites peu de temps après le prélèvement ou sur des bouteilles pleines s'avéraient toujours exactes ; quelques autres subissaient des variations.

Au cours des déterminations mensuelles, nous avons rencontré quelquefois des écarts du même ordre, en particulier pour les sources du *Montet* et des *Religieuses*.

Pour les échantillons prélevés en août 1935, nous avons noté :

Source du Montet

Bouteilles entamées

Ca = 35

Mg = 3,04

Alcalinité totale en OCa = 53,6

Bouteilles pleines non débouchées

Ca = 90

Mg = 4,2

Alcalinité totale en OCa = 117

Source des Religieuses

Bouteilles entamées

Ca = 32,4

Mg = 7,2

Alcalinité totale = 56,8

Bouteilles pleines, non débouchées

Ca = 90

Mg = 7,2

Alcalinité totale = 127

Ce sont évidemment les chiffres déterminés ou vérifiés dans de bonnes conditions d'expérience, qui sont indiqués dans les tableaux.

Il ressort de cette étude que, dans des eaux essentiellement bicarbonatées calciques, il ne faut pas trop différer entre la date de prélèvement et celle à laquelle on procède aux analyses. Il y a lieu, en tout cas, de n'opérer que sur des échantillons bouchés et non entamés. Dans le cas contraire, la dissociation du bicarbonate de calcium se produit assez rapidement, et l'expérimentateur peut être exposé à de graves erreurs, surtout en ce qui concerne l'extrait sec, l'extrait sulfaté, l'alcalinité, le calcium et le gaz carbonique. Le carbonate de magnésium est plus stable, et l'on retrouve des chiffres voisins dans les deux conditions d'expérience.

Nous avons d'ailleurs vérifié la présence, au fond des bonnes ou des bouteilles entamées, du dépôt blanchâtre de carbonate de calcium. Nous l'avons même examiné au microscope, mais il s'est révélé amorphe et nous n'avons pu découvrir de cristaux caractéristiques.

Ce phénomène s'est produit à un degré accentué pour les eaux des *Religieuses* et du *Montet*. Pour celles de *Fonts* et de *Boiry*, les écarts ont été beaucoup plus faibles et moins significatifs.

CONCLUSIONS

Si l'on compare les résultats obtenus pour les différentes sources, une première constatation s'impose : les fontaines *Boiry* et des *Religieuses* apparaissent de minéralisation très voisine. La minéralisation de la source du *Montet* est inférieure de 10 % et celle de *Fonts* supérieure de 20 % environ à la minéralisation moyenne du groupe « *Boiry-Religieuses* ».

Dans ce groupe, les extraits sec et sulfaté, l'alcalinité, les ions calcium, sodium, fer, carbonique, nitrique, silicique, le brome, l'ammoniaque, sont du même ordre.

Cependant, certains ions présentent des différences de concentration qui individualisent chacune des deux sources.

C'est ainsi que la fontaine des *Religieuses* est plus riche en ions magnésium, fluor et sulfurique.

La source *Boiry* se distingue par la présence d'arsenic et sa plus forte teneur en chlore et en ion phosphorique, ce dernier donnant un chiffre nettement plus élevé que dans toutes les autres sources.

Pour le *Montet*, les ions fer et sulfurique sont faibles. L'arsenic existe, mais à l'état de traces infimes. Au contraire, on note une plus forte proportion de gaz carbonique total et d'ammoniaque saline.

Les eaux de *Fonts* sont pauvres en ions magnésium, potassium, fer et silicique. La proportion d'ion sulfurique les rapproche de la source des *Religieuses*, ainsi que la teneur en fluor et l'absence d'arsenic.

Lorsqu'on observe l'emplacement des sources, on voit que les fontaines *Boiry* et des *Religieuses*, qui présentent des concentrations du même ordre, sont précisément voisines. La source *du Montet* est plus au Nord, sur la rive opposée de l'Indre, et celle de *Fonts* est encore plus éloignée, vers le Sud-Ouest. C'est aussi cette dernière qui, malgré certains points de ressemblance avec la source des *Religieuses*, s'écarte le plus de la concentration moyenne des deux premières.

CHAPITRE VII

Etude des variations mensuelles des principaux ions et des rapports

Il nous a paru indispensable de compléter l'étude de la minéralisation des sources par celle des variations susceptibles de se produire, au cours des saisons et sous diverses influences, dans cette minéralisation. Bien rares, en effet, sont les fontaines offrant une constance parfaite de composition, et les déterminations de température ou de débit ne sauraient suffire à donner une idée précise des modifications causées par des chutes météoriques abondantes, par la sécheresse, par une modification partielle et passagère de sous-sol, ou toute autre cause, décelable ou cachée.

Il importe donc de suivre, pendant un temps assez long, les variations des principaux composants de la minéralisation. Outre *l'extrait sec* et *l'extrait sulfaté*, dont la détermination est à la base de toute analyse, nous nous sommes attaché à suivre, pendant *une année*, les variations *mensuelles*, des cations *calcium* et *magnésium*, qui constituent les principaux éléments électropositifs des sources de Châteauroux.

Nos recherches ont porté également sur les anions *chlore* Cl^- et *sulfurique* SO_4^{--} , qui tiennent une place prépondérante dans la minéralisation de ces eaux, après l'ion carbonique. Pour ce dernier, il eût été sans doute intéressant de

procéder à son dosage mensuel, mais la complexité et la longueur des opérations exigées ne nous l'ont pas permis.

Nous avons encore effectué chaque mois la détermination de l'*alcalinité totale* ; dans des eaux bicarbonatées calciques, du type de celles de Châteauroux, cette détermination reflète assez bien l'allure générale des variations des éléments principaux.

Les *phosphates*, les *nitrites* et les *matières organiques* apportent des éléments d'appréciation de la potabilité des eaux, quoique la présence de traces de ces substances ne constitue pas à elle seule l'indice d'une pollution.

Leur détermination a été effectuée pendant huit mois, sur des échantillons fraîchement prélevés.

Enfin, nous avons établi les rapports des principaux ions $\frac{\text{SO}_4}{\text{Ca}}$ et $\frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$.

On trouvera dans les tableaux qui suivent, les chiffres obtenus au cours de ces recherches.

Nous y avons aussi noté quelques indications concernant les conditions atmosphériques de chaque prélèvement, ainsi que la température de l'eau.

Conditions atmosphériques des prélèvements

	JUILLET 1935	AOUT 1935	SEPTÉM. 1935	OCTOBRE 1935	NOVEM. 1935	DÉCEM. 1935	JANVIER 1936	FÉVRIER 1936	MARS 1936	AVRIL 1936	MAI 1936	JUIN 1936
Indications pluviométriques du mois en mm.	40,6	132,8	83,5	45,3	80,8	119,9	122,1	64,8	67,9	81,4	42,9	63,4
Indications pluviométriques du jour du prélèvement	0	0	0	2,4	1,7	0	10,3	0	1	2,2	6	0
Indications pluviométriques de la veille du prélèvement.....	0,1	0	0	4,7	5	3,2	4,5	2,1	0	0	2,5	0,2
Temps les jours précédant le prélèvement.	Sec	Sec (pas de chutes depuis le 13)	Tempête	Sec et froid	Pluvieux	Pluvieux et froid	Pluvieux	Pluvieux	Sec et froid	Averses	Averses	Sec

SOURCES	DATE	HEURE	TEMPERATURE EXTERIEURE	TEMPERATURE DE L'EAU	OBSERVATIONS
<i>Source Boiry.....</i>	20-VII-35	8 h. 30	Dans la salle : 21°	12°	
	20-VIII-35	12 h.	25° — Salle : 22°	13°	
	20-IX-35	11 h. 40	17°5 — Salle : 14°	13°	
	20-X-35	15 h. 30	7° — Salle : 10°	12°5	
	20-XI-35	11 h.	11° — Salle : 11°5	13°	
	20-XII-35	11 h. 25	15° — Salle : 3°5	12°5	Eau trouble. Débris végétaux, crue.
	20-I-36	9 h. 45	9° — Salle : 10°	12°8	Crue.
	20-II-36	16 h. 50	11°5 — Salle : 12°	12°5	Crue.
	20-III-36	10 h. 45	9° — Salle : 9°5	12°	
	20-IV-36	11 h.	10°2 — Salle : 11°5	12°5	Eau trouble. Crue.
	20-V-36	10 h.	24° — Salle : 21°	12°5	
	20-VI-36	10 h. 45	26° — Salle : 21°	13°	
	20-VII-35	11 h. 30	26°	13°	
	20-VIII-35	18 h. 30	17°5	12°	
	20-IX-35	18 h. 10	18°	14°	Eau trouble.
	20-X-35	15 h. 50	7°	13°	
<i>Source des Religieuses.</i>	20-XI-35	11 h. 20	11°	13°5	
	20-XII-35	11 h. 40	1°5	12°	Eau opalescente. Crue.
	20-I-36	10 h. 20	10°	13°	Eau trouble.
	20-II-36	16 h. 15	11°7	13°	Crue.
	20-III-36	11 h.	10°5	13°	
	20-IV-36	11 h. 20	10°5	12°8	
	20-V-36	10 h. 30	24°5	13°5	
	20-VI-36	11 h. 10	27°	13°7	Légère crue, eau limpide.

SOURCES	DATE	HEURE	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE	TEMPÉRATURE DE L'EAU	OBSERVATIONS
<i>Source du Montel</i>	20-VII-35	8 h.	19°5	12°	
	20-VIII-35	11 h. 30	25°	12°	
	20-IX-35	11 h. 30	18°	12°	
	20-X-35	15 h. 15	40°	12°	
	20-XI-35	10 h. 30	10°5	12°5	
	20-XII-35	11 h.	1°	12°	Crue
	20-I-36	9 h. 15	9°5	12°	Crue
	20-II-36	17 h. 30	10°5	12°5	Crue
	20-III-36	10 h. 20	10°5	12°	
	20-IV-36	10 h. 30	11°	12°5	Crue
	20-V-36	9 h. 30	21°	13°	
	20-VI-36	10 h. 15	24°	13°	
	20-VII-35	9 h. 15	17°5	12°	
	20-VIII-35	18 h.	18° Dans le hangar : 17°	12°	
<i>Source de Fonts</i>	20-IX-35	17 h. 45	17°5	13°	
	20-X-35	16 h. 20	7°	12°	
	20-XI-35	11 h. 45	10°	12°5	
	20-XII-35	12 h.	2°	11°5	Crue
	20-I-36	11 h.	9°	12°5	Eau trouble, crue
	20-II-36	15 h. 30	11°5	12°	Crue
	20-III-36	14 h. 35	9°	12°	
	20-IV-36	14 h. 45	11°	12°	Niveau en baisse, limpide
	20-V-36	11 h.	20°7	17°	
	20-VI-36	16 h. 30	26°	18°5	
				12°8	

Source Boiry

ÉLÉMENTS DOSÉS EN MILLIGRAMMES PAR LITRE	JUILLET 1935	AOUT 1935	SEPTÉMI. 1935	OCTOBRE 1935	NOVEMB. 1935	DÉCEMB. 1935	JANVIER 1936	FÉVRIER 1936	MARS 1936	AVRIL 1936	MAI 1936	JUIN 1936
Extrait sec à 180°	306,5	294	308	289	306	365	369	331	342	336	311	305
Extrait sulfaté.	369	356	304	354	370	423	424	405	412	401	376	354
Alcalinité totale en OCa.	126	127	126	119,6	120,8	128	138	136	138	129	126	123
Calcium Ca ⁺⁺	89	87	89	91	96	110	108	105	108	104	100	96,6
Magnésium, Mg ⁺⁺	4,8	3,5	3,6	3,9	4,5	4,4	4,4	4,6	5,1	5	3,9	4,2
Chlore, Cl ⁻	15,1	9,5	9,4	8,4	10,6	14,8	11,8	12,7	10,9	10,9	10,3	10,1
Ion sulfurique SO ₄ ⁻	3,1	2,3	2,9	3,5	2,9	3,1	3,2	3,7	3,2	2,5	3,2	2,9
Ion phosphorique, PO ₄ ⁻	<0,03	<0,03	0,03	<0,03	0,03	0,13	0,13	0,13	0,03 < n < 0,06	0,03	< 0,03	< 0,03
Nitrites, en NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0	0	0				
Mat. organ. en O, mil. acide.	0,04	0,04	0,08	0	0	0,44	0,44	0,32				
Mat. organ. en O, mil. alcalin	0	0	0	0	0,08	0,32	0	0				
Rapport $\frac{SO_4}{Ca}$	0,034	0,026	0,032	0,038	0,030	0,028	0,029	0,036	0,029	0,024	0,032	0,030
Rapport $\frac{Mg}{Ca}$	0,053	0,040	0,040	0,042	0,046	0,040	0,040	0,043	0,047	0,048	0,039	0,043

Source des Religieuses

ÉLÉMENTS DOSÉS EN MILLIGRAMMES PAR LITRE	JUILLET 1935	AOUT 1935	SEPT. 1935	OCTOBRE 1935	NOVEM. 1935	DÉCEMB. 1935	JANVIER 1936	FÉVRIER 1936	MARS 1936	AVRIL 1936	MAI 1936	JUN 1936
Extrait sec à 180°	303	284	294	256	298	322	352	328	354	338	316	306
Extrait sulfaté	378	365	369	315	373	398	420	405	438	424	396	379
Alcalinité totale, en OCa.....	128	127	122	118	123	130	140	134	139	136	129	129
Calcium, Ca ⁺⁺	91,6	90	90	87,8	92	100	107	101	89	107	101	96,2
Magnésium, Mg ⁺⁺	6,7	7,2	7,2	7,2	7,3	7,2	6,9	6,8	5,8	7,2	6,6	6,9
Chlore, Cl ⁻	10,1	9,7	9,7	9,7	10,3	12,7	12,7	9,7	12,4	12,4	10,9	10,3
Ion sulfurique, SO ₄ ⁻⁻	6,8	5,3	7,5	6,8	6,5	7,2	8,1	8,9	6,5	8,8	7,9	7,6
Ion phosphorique, PO ₄ ⁻⁻⁻	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Nitrites, en NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0	0	0				
Mat. organ., en O, mil. acide d' en O, mil. alcalin	0,2 0,16	0,12 0	0,60 0,16	0,48 0,24	0,52 0,08	0,80 0,40	0,48 0,24	0,08 0,32				
Rapport $\frac{SO_4}{Ca}$	0,074	0,058	0,083	0,077	0,070	0,072	0,075	0,088	0,073	0,082	0,078	0,079
Rapport $\frac{Mg}{Ca}$	0,073	0,080	0,080	0,082	0,079	0,072	0,064	0,067	0,065	0,067	0,065	0,071

Source du Montet

ÉLÉMENTS DOSES EN MILLIGRAMMES PAR LITRE	JUILLET 1935	AOUT 1935	SEPTÉM. 1935	OCTOBRE 1935	NOVEMB. 1935	DÉCEMB. 1935	JANVIER 1936	FÉVRIER 1936	MARS 1936	AVRIL 1936	MAI 1936	JUIN 1936
Extrait sec à 480°	295	275	283	273	276	306	316	300,5	331	305	300	296
Extrait sulfaté	354	340	342	338	327	372	377	370,5	378	368	360	350
Alcalinité totale en OCa	123	117	117	114	117	125	129	128,5	128,8	125	123	118
Calcium, Ca ⁺⁺	86	90	78	85	90	90	102	98,4	102	99	93	91
Magnésium, Mg ⁺⁺	3,9	4,2	3,9	3,9	3,9	4,2	4,5	3,7	3,8	4,2	3,9	4,1
Chlore, Cl ⁻	9,4	9,1	8,6	7,4	8,2	9,1	9,1	9,5	9,1	8,7	9,1	9,5
Ion sulfurique, SO ₄ ⁻⁻⁻	1,1	0,9	1,3	1,2	1,9	2	1,4	1,4	1,2	1	1,3	0,9
Ion phosphorique, PO ₄ ⁻⁻⁻	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Nitrites, en NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mat. organ. en O, mil. acide	0,08	0,16	0,04	0	0,04	0,08	0,60	0,20				
d° en O, mil. alcalin	0	0,32	0	0	0	0,08	0,24	0,32				
Rapport $\frac{SO_4}{Ca}$	0,012	0,010	0,016	0,014	0,021	0,022	0,013	0,014	0,011	0,010	0,014	0,009
Rapport $\frac{Mg}{Ca}$	0,045	0,045	0,050	0,045	0,043	0,046	0,044	0,037	0,037	0,042	0,042	0,045

Source de Fonts

ELEMENTS DOSES		JUILLET	AOÛT	SEPTIEM.	OCTOBRE	NOVEMB.	DECEMB.	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN
EN MILLIGRAMMES PAR LITRE		1935	1935	1935	1935	1935	1935	1936	1936	1936	1936	1936	1936
Extrait sec à 160°	350	351,5	307	351	338	334	425	397,5	445	383	383	383	374
Extrait sulfaté	435	445,5	391	455	435	473	445	474,5	478	463	463	442	463
Alcalinité totale en OCa	461,2	456	461	462	456	456	454	456	452	454	454	457	460
Calcium, Ca++	415	414,4	410	418,2	413	424	428	428	433	427	427	422	422
Magnésium, Mg++	6	6	6,2	6,6	7,7	5,4	5,8	4,9	4,5	5	5	6	5,7
Chlore, Cl-	10,6	10,6	10,9	10,9	10,1	11,8	14,2	13,3	15,1	13,3	14,5	14,5	12,1
Ion sulfurique, SO ₄ --	8,5	9,2	9,9	10,8	9,9	9,7	10,6	11,5	11,6	10,8	9,9	10,2	10,2
Ion phosphorique, PO ₄ ---	< 6,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Nitriles, en NO ₂ -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mat. organ. en O, mil. acide	0,24	0,16	0,08	0,08	0	0,16	0,72	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
d° en O, mil. alcalin	0,32	0,16	0,21	0	0	0,32	0,08	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Rapport $\frac{SO_4}{Ca}$	0,074	0,080	0,070	0,091	0,087	0,078	0,082	0,089	0,087	0,087	0,087	0,084	0,083
Rapport $\frac{Mg}{Ca}$	0,042	0,093	0,053	0,055	0,048	0,043	0,045	0,038	0,038	0,033	0,039	0,049	0,046

Nous avons cru bon de traduire par des courbes ces différents chiffres. Pour chaque source, nous avons tracé, en regard de la pluviométrie, les courbes de l'extrait sec, de l'extrait sulfaté, de l'alcalinité totale, et des ions chlore et sulfurique. Il est ainsi facile de suivre les relations des sources entre elles, et, pour une même source, de suivre les variations de chaque élément par rapport aux chutes météoriques.

CONCLUSIONS

L'examen de ces résultats montre qu'au mois de janvier, les concentrations de tous les éléments des quatre sources atteignent leur maximum, ou sont très voisines de celui-ci.

Par contre, c'est en octobre (et pour une source, en septembre) que le minimum de la concentration est atteint.

Si nous reportons ces constatations sur la courbe pluviométrique, nous voyons que l'effet des chutes d'eau ne se fait sentir sur la minéralisation qu'avec un très long retard.

On ne peut considérer les chutes du mois d'août (132 mm.) comme ayant une action décisive sur la concentration de la nappe souterraine, car ces eaux sont tombées massivement, en un petit nombre d'heures, au cours de journées chaudes qui ont favorisé leur évaporation.

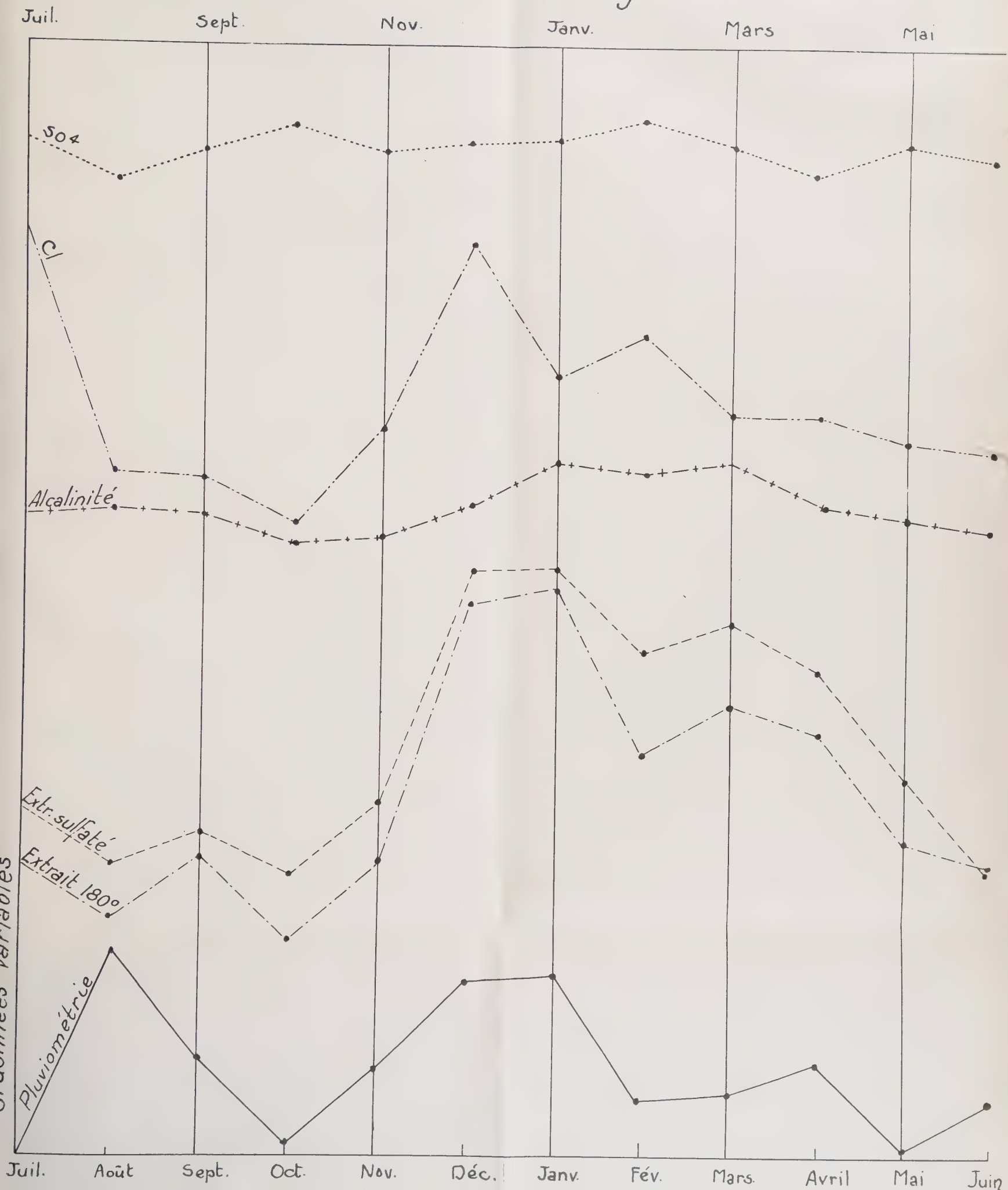
Au contraire, les précipitations atmosphériques de décembre (119 mm. 9) et de janvier (122 mm. 1), qui suivent des mois humides et se produisent pendant la saison froide, ont bien plus sûrement dilué les eaux souterraines.

Leur effet n'apparaît donc qu'environ huit à neuf mois après, ce qui implique l'existence d'une réserve d'eau souterraine importante, jouant le rôle d'un volant, peu sensible aux variations soudaines.

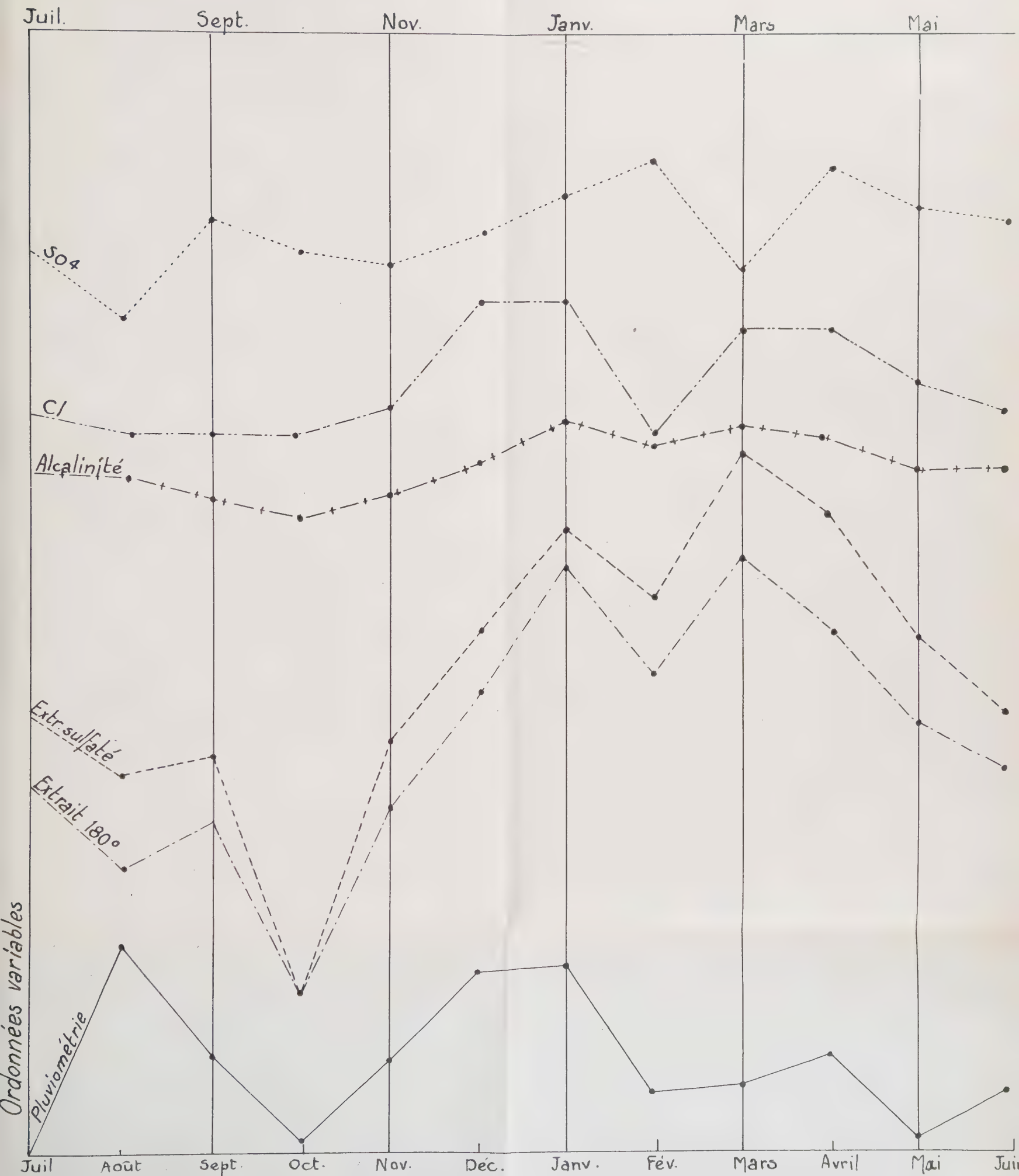
Quant aux rapports ioniques considérés, nos tableaux permettent de dégager les conclusions suivantes :

Le rapport $\frac{\text{SO}_4}{\text{Ca}}$ ne varie que dans de faibles limites au cours de l'année, en dépit de variations notables de l'extrait sec.

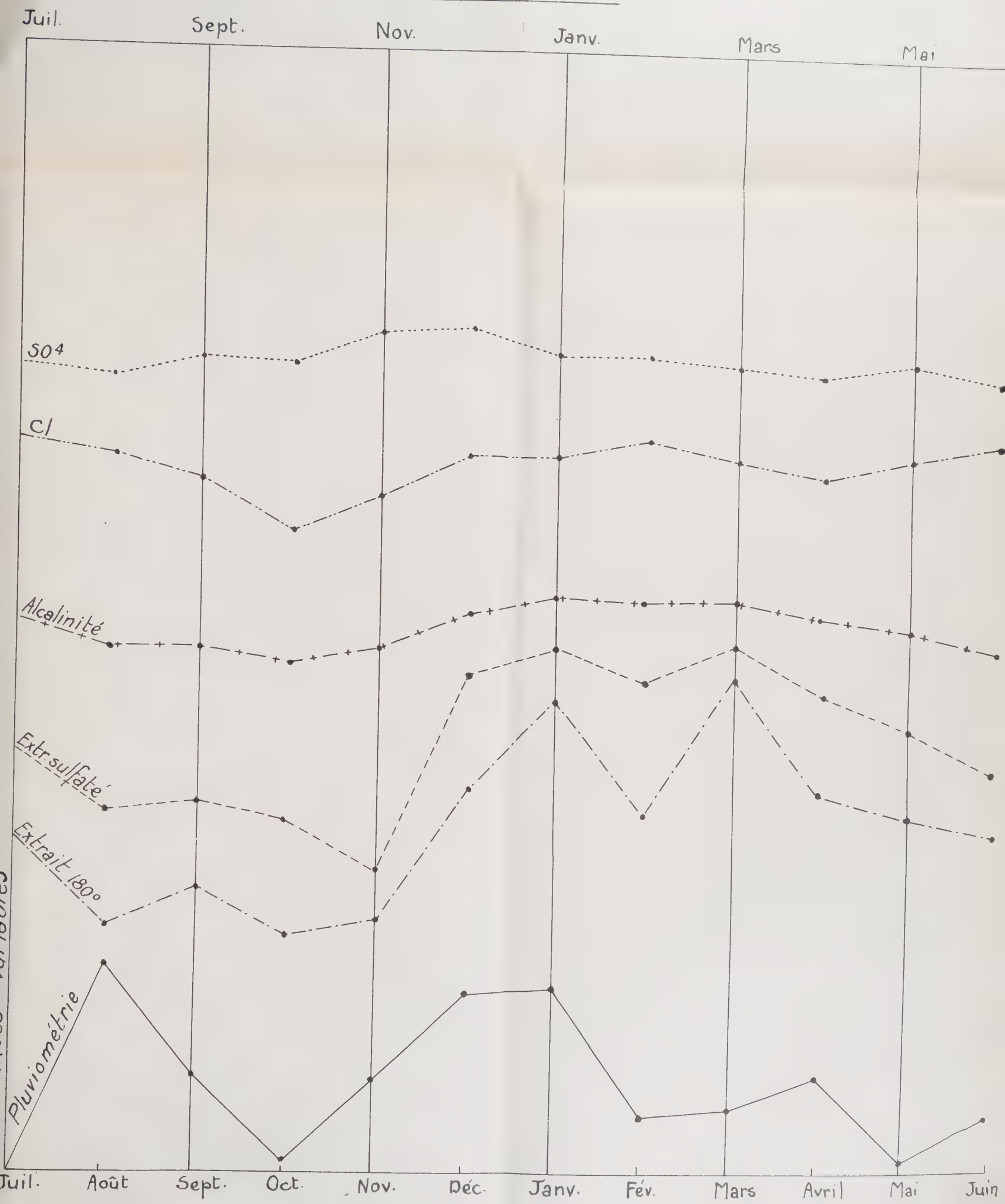
Source de Boiry.



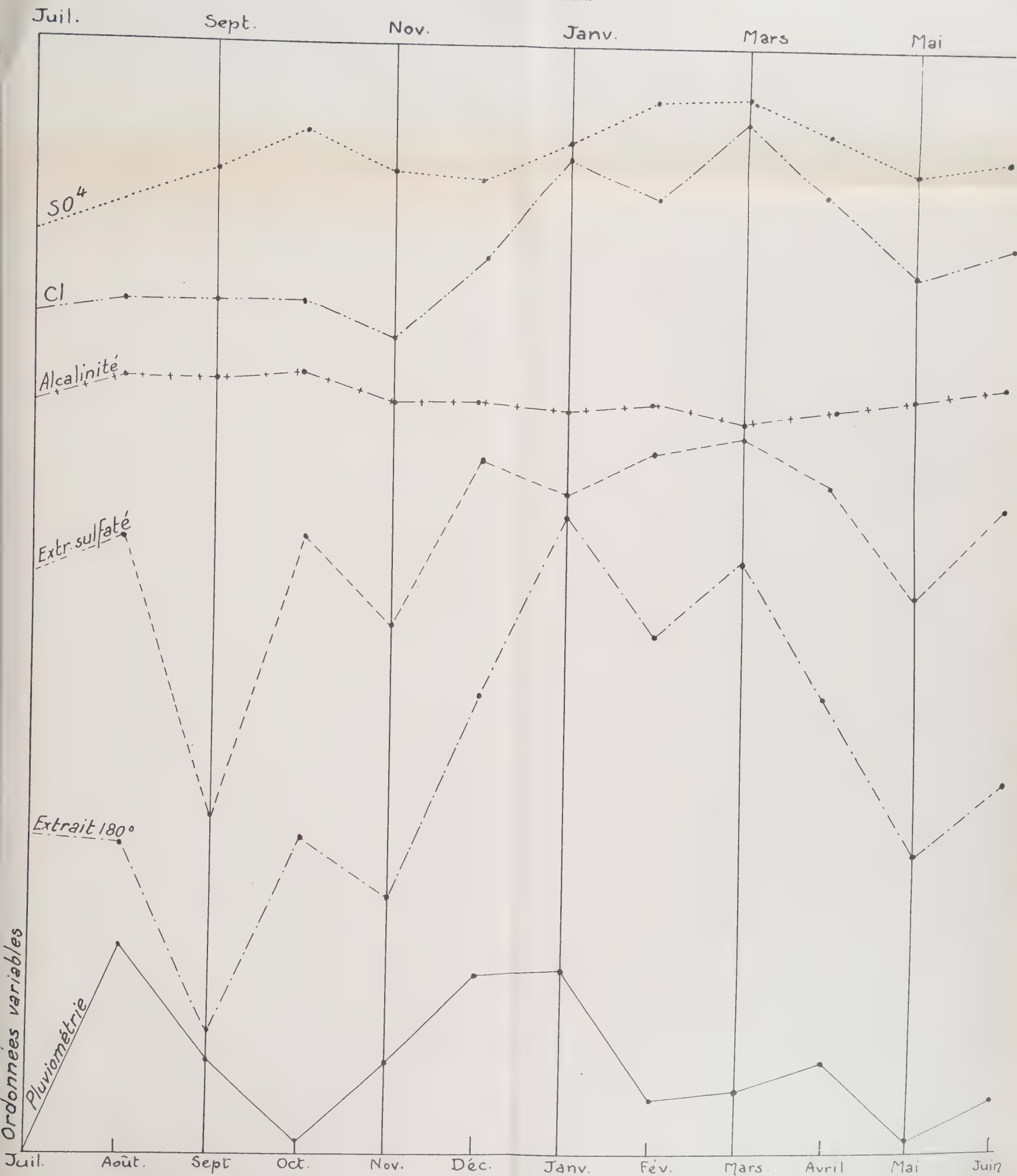
Source des Religieuses.



Source du Montet.



Source de Fonts.



Le rapport $\frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$, au moins pour trois des sources, s'élève lorsque le résidu sec de l'eau s'abaisse, et réciproquement. Pour la source Boiry, les écarts observés sont trop faibles pour justifier une déduction quelconque.

La variation du rapport $\frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$ nous paraît traduire la solubilité plus grande du bicarbonate de magnésium, comparée à celle du bicarbonate de calcium, le magnésium étant davantage entraîné lorsque la vitesse de l'eau dans le sol est plus élevée.

Si nous considérons maintenant les écarts subis dans la minéralisation par les différentes sources, nous constatons que :

Pour l'extrait sec, l'écart maximum a été de : 27 % à Boiry, 38 % à la fontaine des *Religieuses*, 21 % au *Montet*, et 38 % à *Fonts*.

Pour l'extrait sulfaté, 19 % à Boiry, 39 % à la fontaine des *Religieuses*, 15 % seulement au *Montet*, et 22 % à *Fonts*.

La source du *Montet* se sépare donc des trois autres par sa constance relative. Il est à noter par ailleurs que sa température n'a varié, au cours des prélèvements, que de 12° à 13°, variation égale à celle enregistrée à la source Boiry, mais inférieure aux écarts de la fontaine des *Religieuses* (12° à 14°) et de *Fonts* (11°5 à 13°).

Les écarts de minéralisation les plus importants sont atteints par la source des *Religieuses*.

Sa température fut également la moins constante.

CHAPITRE VIII

Analyse des eaux de « l'Indre »

La question s'est posée — et a été discutée à plusieurs reprises — de savoir s'il existe une relation entre les sources de Châteauroux et la rivière *l'Indre*. On a même parfois prétendu que certaines fontaines, telles *Boiry* et celle des *Religieuses*, n'étaient que des résurgences de *l'Indre*.

C'est pour essayer de donner une réponse à cette question que nous avons effectué, sur les eaux de *l'Indre*, des déterminations semblables à celles pratiquées chaque mois sur les eaux des quatre sources soumises à l'analyse. C'est aussi parce qu'il apparaît difficile de mener une étude hydrologique de Châteauroux, sans diriger une partie des recherches sur la rivière qui arrose la ville et détermine le caractère hydrographique de toute la région.

Afin de parer à la cause d'erreur pouvant résulter de prélèvements effectués à un seul endroit arbitrairement choisi, nous avons fait porter nos recherches sur trois échantillons : l'un prélevé en amont de la ville, l'autre dans les faubourgs, à la sortie de Châteauroux, le troisième, en aval.

De plus, ces échantillons ont été prélevés une fois en période de crue de la rivière, et une autre fois en période de débit normal.

Il est permis de penser que, grâce à ces précautions, on pourra tirer, des résultats obtenus, des conclusions moins incertaines.

Cinq litres d'eau ont été prélevés chaque fois, et dans les mêmes conditions que pour les sources, en se plaçant le plus possible vers le milieu de la rivière, à un mètre environ de profondeur.

Les échantillons ont été puisés :

1° En amont, à la Forge-de-l'Isle (5 km. sud-est de Châteauroux), à 50 mètres environ en amont de la route nationale n° 143 de La Châtre.

2° A la sortie de Châteauroux, au faubourg Saint-Christophe, à 100 mètres environ en amont du pont de fer.

3° En aval, au moulin de Von (4 km. 500 sud-ouest de Châteauroux) au bout du jardin et en amont du moulin.

Premier prélèvement : 21 juillet 1936

Indications pluviométriques du mois, en millimètres..	138
» » du jour du prélèvement..	0
» » de la veille du prélèvement.	23
Temps les jours précédant le prélèvement : pluies abondantes.	

Deuxième prélèvement : 28 septembre 1936

Indications pluviométriques du mois, en millimètres.	62,3
» » du jour du prélèvement.	1,2
» » de la veille du prélèvement.	4,8
Temps les jours précédant le prélèvement : averses.	

	AMONT LA FORGE-DE-L'ISLE		SAINT-CHRISTOPHE		AVAL MOULIN DE VON	
	21/VII/36	28/IX/36	21/VII/36	28/IX/36	21/VII/36	28/IX/36
Heure	9 h. 45	14 h. 15	10 h. 50	14 h. 45	11 h. 30	15 h. 15
Température extérieure	18°	13°2	16°	13°	17°	14°
Température de l'eau	16°5	15°	17°	14°9	11°7	15°
Observations	Eau trouble, crue		Crue		Crue	

ÉLÉMENTS DOSÉS EN MILLIGRAMMES PAR LITRE	AMONT LA FORGE-DE-L'ISLE		SAINT-CHRISTOPHE		AVAL MOULIN DE VON	
	Septemb. 1936		Septem. 1936		Septem. 1936	
	Juillet 1936		Juillet 1936		Juillet 1936	
Extrait sec à 180°	114	154	150	163	199	204
Extrait sulfaté.....	137	180	174	189	238	236
Alcalinité totale en OCa.....	40	56	56	67	76	79
Calcium, Ca ⁺⁺	22	32	38	43	52	54
Magnésium, Mg ⁺⁺	5,4	6,6	4,7	5,7	6,1	6,3
Chlore, Cl ⁻	8,1	9,4	8,8	9,7	10,6	9,8
Ion sulfurique, SO ₄ ⁻⁻	6,4	11,2	8,4	10,2	19,1	12,8
Ion phosphorique, PO ₄ ⁻⁻⁻	0,03	0,03 < n < 0,06	0,03	< 0,03	0,06	0,12
Rapport $\frac{SO_4}{Ca}$	0,290	0,380	0,221	0,237	0,367	0,237
Rapport $\frac{Mg}{Ca}$	0,245	0,206	0,123	0,132	0,117	0,116

CONCLUSIONS

Pour sommaires qu'ils soient, ces résultats permettent d'écarter toute idée d'une résurgence de l'*Indre* aux sources des *Religieuses* et *Boiry*, et même d'une contamination sensible de l'eau de source par l'eau de rivière.

La teneur en extrait, en calcium, les rapports $\frac{\text{SO}_4}{\text{Ca}}$, $\frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$, révèlent un caractère tout différent de l'eau des sources et de l'eau de l'*Indre*.

CHAPITRE IX

Examen bactériologique

Il nous a semblé indispensable de mener, parallèlement à l'analyse chimique des eaux de Châteauroux, une étude bactériologique. On sait, en effet, quelle valeur au point de vue potabilité, est attachée à cette étude. L'analyse bactériologique semble donc s'imposer pour les eaux d'alimentation d'une ville.

L'analyse bactériologique d'une eau est un examen très complexe si l'on veut rechercher et compter tous les germes pathogènes et non habituellement pathogènes, qui peuvent, au moment du prélèvement, vivre dans cette eau.

Mais les germes non habituellement pathogènes nous intéressaient peu et nous les avons négligés.

Quant aux germes pathogènes, ce sont surtout le bacille typhique et le vibron cholérique qui doivent être recherchés, car ce sont les agents de maladies ordinairement véhiculées par les eaux. Mais il est avéré que la recherche du bacille typhique dans les eaux est très difficile pour ne pas dire illusoire. En effet, les différents procédés d'isolement aboutissent en général à la découverte du colibacille et non du bacille typhique.

Il ne faut pas oublier d'autre part que l'eau ne sert guère que de véhicule aux germes pathogènes. Ils n'y trouvent pas de conditions biologiques satisfaisantes. Ils s'y altèrent, ils y vieillissent. Enfin, « il ne suffirait pas de constater la pré-

sence ou l'absence du bacille typhique ou du vibron cholérique : il faut en outre s'assurer si l'eau est exposée à se trouver contaminée par ces microbes » [8].

Or ces germes proviennent des excréta ou des cadavres. Ils sont donc toujours accompagnés des microbes présents dans les excréta ou les cadavres, et qui sont en quelque sorte « leurs satellites obligés ».

Parmi eux, il en est un, facile à déceler et à peu près constant, c'est le colibacille. C'est donc lui que l'on a pris comme test de contamination.

Toutefois on n'est pas fixé sur la signification exacte du colibacille dans les eaux. Et H. Vincent a montré qu'il est indispensable, non seulement de constater sa présence, mais encore de préciser son abondance. On a ainsi été amené à la colimétrie, qui permet de juger le degré de souillure d'une eau d'après l'ordre de grandeur du nombre de colibacilles contenus dans cette eau.

Mais on ne peut pas enfermer dans des chiffres précis les termes de la potabilité d'une eau. Il faut encore tenir compte de la nature du terrain traversé, et le même nombre de germes dans une eau sortant de terrains calcaires et dans une source issue de terrains sablonneux n'aura pas du tout la même signification.

Ce qu'il faut arriver à connaître, c'est *l'origine du germe*, qui définit seule l'importance du péril. Et une eau contenant du bacille coli, mais ayant longtemps séjourné sur le sol ou dans une nappe souterraine, ne présente pas un danger sérieux, car le germe aura vieilli dans ce milieu qui lui convient mal, et ayant dû se contenter pendant longtemps, depuis son émission, de conditions de vie assez précaires pour lui, il se présentera très atténué et peu dangereux, même s'il se trouve en quantité importante. Une notion de qualité vient ainsi renforcer et primer même la notion de quantité. C'est ce qui fait l'extrême importance de ce que Guillard [16] appelle « *la fraîcheur* » du germe, c'est-à-dire le temps écoulé pour son passage de l'intestin à l'eau examinée.

Nous nous sommes inspiré de ces données pour négliger la recherche de tous les germes contenus dans l'eau mais pour pratiquer, à différentes époques de l'année, la recherche, la numération et surtout la détermination de la fraîcheur du seul colibacille, considéré comme test de la contamination. Il serait avantageux, sans doute, de déterminer si le colibacille présent est d'origine humaine. Mais outre que le nombre de germes donne déjà une indication à ce sujet, nous n'avons pas trouvé de critérium sur lequel les bactériologistes soient d'accord, bien que les Américains aient adopté un tableau des qualités standard du colibacille intestinal.

Les prélèvements ont été effectués l'un en janvier, l'autre en mai, en même temps que les prélèvements correspondants pour l'analyse chimique. Nous avons choisi ces mois afin de comparer les résultats à deux époques très différentes de l'année.

En janvier, nous étions en période de crue.

En mai, au contraire, le temps était au beau, avec seulement quelques averses. La courbe de pluviométrie est d'ailleurs instructive à ce point de vue.

Nous avons cru bon d'effectuer également deux analyses bactériologiques de l'eau prélevée dans l'Indre, parallèlement aux analyses chimiques. De ces prélèvements, l'un a été fait en amont de Châteauroux (La Forge-de-l'Isle), un autre dans les faubourgs de Châteauroux (Saint-Christophe), le troisième enfin bien en aval (Saint-Maur, Moulin de Von).

Naturellement, les prélèvements (1) ont été faits avec toutes les précautions d'usage. Nous avons employé des bouteilles stérilisées au four Pasteur, bouchées au coton, et munies d'un bouchon de liège enveloppé dans du papier filtre, le tout également stérile. Les prélèvements dans les sources ont été effectués à une profondeur variant de 50 centimètres à un mètre, selon le volume d'eau de la source, le dos tourné

(1) Pour les conditions atmosphériques des prélèvements, température, etc., se reporter pages 173 et 183.

au vent (pour éviter toute contamination par poussières), et en ayant soin de ne pas râcler les bords de la nappe d'eau.

Pour l'Indre, nous avons eu plus de difficultés, surtout en juillet où la rivière était en crue, par suite des fortes pluies des jours précédant le prélèvement. Celui-ci a été effectué le plus possible au milieu de la rivière, à un mètre de profondeur et en évitant de prendre des débris végétaux ou de la terre.

En juillet, toutefois, l'eau étant bourbeuse, ce dernier point n'a pu évidemment être respecté.

Nous avons procédé nous-même à tous les prélèvements. Chaque bouteille n'était sortie de son emballage stérile qu'au moment d'être emplie.

Aussitôt après, le goulot était flambé à l'aide d'une lampe à alcool et bouché par le bouchon de liège débarrassé de son papier filtre et saisi avec des pinces flambées également.

La bouteille était alors immédiatement placée dans la glace et y demeurait jusqu'à l'ensemencement. Celui-ci a été effectué, chaque fois, trois heures environ après le prélèvement. Les germes, dans ces conditions, n'avaient ni le temps, ni les conditions nécessaires pour se multiplier.

Pour les cultures, nous avons eu recours à une technique dérivée de celle exposée par Besson [1]. Les recherches de cet auteur, et de Ranque et Senez, ont montré que « le Coli attaque très rapidement les sucres en eau peptonée et donne un dégagement gazeux au moment où s'établit la densité microbienne d'arrêt ». La quantité limite de gaz est atteinte à la dix-huitième heure et le dégagement s'arrête.

De plus, le bacille Coli réduit le rouge neutre en eau peptonée sucrée en vingt-quatre heures environ.

Milieu de culture.

Nous avons doncensemencé l'eau dans le milieu au rouge neutre suivant, proposé par Besson, et qui n'est autre qu'un

tube B où le glucose a été remplacé par du lactose afin de rendre le milieu spécifique du colibacille.

On prend : Peptone Chapoteaux, 40 grammes ; Eau, 1 litre.

Neutraliser exactement. Chauffer à 115°. Filtrer. Ajouter au filtrat :

Lactose pur, 5 grammes ; Solution aqueuse de rouge neutre à 1 %, 4 à 5 centimètres cubes.

Répartir le mélange à raison de 15 centimètres cubes dans un tube à essai contenant un tube à hémolyse renversé, qui sert de cloche à gaz. Stériliser à l'autoclave à 100°. La couleur du milieu n'est pas altérée et les cloches se remplissent d'elles-mêmes.

Ensemencement.

L'eau de chaque source a étéensemencée, après soigneuse agitation pour assurer une répartition homogène des germes, dans six tubes B au lactose, aux doses suivantes :

1 ^{er} tube :	5	gouttes	ou	0 cc.	25
2 ^e tube :	10	—	ou	0 cc.	50
3 ^e tube :	20	—	ou	1 cc.	
4 ^e tube :	40	—	ou	2 cc.	
5 ^e tube :	100	—	ou	5 cc.	
6 ^e tube :	200	—	ou	10 cc.	

De plus, on conserve dans la bouteille 100 centimètres cubes d'eau, et on y ajoute le contenu de trois tubes B.

Au bout de dix-huit heures d'étuve à 37-38° on examine les tubes. Tous les tubes où il existe des gaz (environ un tiers de la cloche) et de la fluorescence sont comptés comme renfermant du coli.

Le premier tube correspond à.... 4.000 coli au litre

Le deuxième tube correspond à.... 2.000 —

Le troisième tube correspond à.... 1.000 —

Le quatrième tube correspond à... 500 —

Le cinquième tube correspond à...	250 coli au litre
Le sixième tube correspond à.....	100 —
La bouteille correspond à.....	10 —

H. Vincent a établi la table suivante, pour déterminer le degré de potabilité de l'eau par rapport au nombre de colibacilles contenus dans cette eau :

1.000 à 10.000 bacilles coli par litre, eau mauvaise, ou très mauvaise, impropre à la boisson (eau de rivière, de puits contaminés, etc...).

100 à 1.000 bacilles coli par litre, eau suspecte, tantôt en période d'infection légère, tantôt au début ou au déclin d'une contamination plus grande.

50 à 100 bacilles coli par litre, eau passable ou médiocre, à surveiller.

10 à 50 bacilles coli par litre, eau d'assez bonne ou de bonne qualité.

0 bacille coli, eau pure ou très pure.

On note le premier tube ayant viré et on ensemence vingt gouttes de ce tube sur de l'eau peptonée phéniquée à 0,75 ‰. On laisse vingt-quatre heures à l'étuve à 40° et on prélève vingt gouttes qu'on réensemence sur eau peptonée non phéniquée. Ces différentes manipulations ont pour but d'isoler le colibacille. Après vingt-quatre heures d'étuve, on effectue sur cette dernière culture la mesure des quantités d'indol formées aux dépens du milieu de peptone et celle très importante de la fraîcheur du germe isolé. Nous avons suivi pour cette détermination, la méthode indiquée par Guillerd [16, pp. 26 et 27].

Mesure de la quantité d'Indol et fraîcheur des germes.

On prépare une solution d'indol à 1./10.000°. On en prend :

1° 5 centimètres cubes que l'on complète à 10 centimètres cubes avec de l'eau distillée ;

2° 3 centimètres cubes que l'on complète à 10 centimètres cubes avec de l'eau distillée ;

3° 2 centimètres cubes que l'on complète à 10 centimètres cubes avec de l'eau distillée ;

4° 1 centimètre cube que l'on complète à 10 centimètres cubes avec de l'eau distillée ;

5° 0 cc. 5 que l'on complète à 10 centimètres cubes avec de l'eau distillée ;

6° 0 cc. 25 que l'on complète à 10 centimètres cubes avec de l'eau distillée.

On ajoute dans chaque tube 4 centimètres cubes d'alcool amylique et l'on émulsionne par agitation pour rassembler l'indol, puis on additionne chaque tube de 2 centimètres cubes de réactif chlorhydrique nitreux (90 centimètres cubes d'acide chlorhydrique + 10 centimètres cubes d'une solution de nitrite de sodium à 1 ‰). Il se développe des colorations rouges décroissantes qui traduisent les taux d'indol suivants :

1	2	3	4	5	6
1/20.000,	1/33.000,	1/50.000,	1/100.000,	1/200.000,	1/400.000

On traite exactement de la même façon 10 centimètres cubes de la culture en eau peptonée et l'on compare avec les tubes de la gamme. Celle-ci n'étant pas d'une bonne conservation, nous en avons préparé une nouvelle à chaque série d'analyses.

D'après Guillerd : « Il y a toujours forte présomption que les Bacilles coli donnant des indols égaux ou supérieurs à 1/50.000 sont des germes frais, d'origine récente, et qu'il s'est écoulé peu de temps entre leur émission et leur signallement dans l'eau analysée ».

On peut voir par les résultats obtenus que les bacilles coli des sources *Boiry* et *Religieuses* se sont trouvés à certaine époque dans cette catégorie de germes frais.

SOURCES

	SOURCE BOIRY		SOURCE DES RELIGIEUSES		SOURCE DU MONTET		SOURCE DE FONTS	
	20/I/36	20/V/36	20/I/36	20/V/36	20/I/36	20/V/36	20/I/36	20/V/36
Colibacilles par litre ...	40 < n < 100	100 (min.)	250 (min.)	100 (min.)	250 (min.)	10 < n < 100	10 (min.)	100 (min.)
Taux d'Indol	1/33.000	1/50.000	1/33.000	1/100.000	1/100.000	1/100.000	1/100.000	1/100.000
Fratteur des germes ...	Frais	Frais	Frais					

INDRE

	AMONT LA FORGE-DE-L'ISLE		SAINT-CHRISTOPHE		AVAL MOULIN DE VON	
	21/VII/36	28/IX/36	21/VII/36	28/IX/36	21/VII/36	28/IX/36
Colibacilles par litre	4.000 (min.)	2.000 (min.)	4.000 (min.)	4.000 (min.)	4.000 (min.)	4.000 (min.)
Taux d'Indol	1/50.000	(1)	1/100.000	(1)	1/50.000	(1)
Fratteur des germes	Frais				Frais	

(1) Sur les échantillons prélevés en septembre, il n'a pas été possible d'apprécier le taux d'indol. Nous avons obtenu des colorations jaunâtres sales, inégalement réparties. Peut être étaient-elles dues à la pullulation microbienne et aux produits de déchet élaborés dans le milieu.

CONCLUSIONS

Les résultats obtenus montrent que, dans l'ensemble, ces eaux sont souillées et impures. Mais des distinctions importantes s'imposent.

En janvier 1936, les bacilles coli étaient moins nombreux à la source *Boiry* qu'à celle des *Religieuses*. Dans les deux sources, ces germes étaient *fraîchement émis*. En mai, nous trouvons 100 coli dans les deux échantillons, mais les bacilles de la source *Boiry* sont encore des germes *frais*.

La pollution des eaux de *Boiry* nous paraît donc tout aussi redoutable, sinon davantage, que celle de la fontaine des *Religieuses*, bien que celle-ci, dans l'ensemble, ait recélé un plus grand nombre de bactéries.

La source du *Montet* renfermait beaucoup moins de coli en mai qu'en janvier. La pollution en semble donc accidentelle, d'autant plus qu'elle sourd au milieu de jardins. Au reste, ces germes n'ont jamais été reconnus comme étant des germes frais.

Quant à la source de *Fonts*, c'est elle qui fournit la meilleure eau au point de vue bactériologique : colibacilles peu nombreux, et toujours vieillis, donc beaucoup moins dangereux.

Les examens pratiqués sur les eaux de *l'Indre* font apparaître, dans le domaine bactériologique, des différences aussi tranchées, entre l'eau de rivière et l'eau des sources, que celles révélées par l'analyse chimique.

L'Indre, aussi bien en amont, que dans la ville, ou en aval, véhicule de très nombreux bacilles coli, parfois fraîchement émis. Il ne semble pas que la traversée de Châteauroux augmente considérablement la pollution de la rivière, tout au moins lorsqu'elle coule à pleins bords.

En période de sécheresse, il n'en est pas de même, et l'on note une différence sensible : 2.000 coli en amont, 4.000 à la sortie de la ville.

Conclusions générales

Des remarques détaillées que nous avons données à la fin de chaque chapitre, se dégagent les principales conclusions suivantes :

Au cours de ce travail,

1. Nous avons tracé les différentes étapes de l'organisation d'un Service des Eaux à Châteauroux et situé l'état actuel de la question. Nous avons pu constater, au cours de cet historique, l'effort continu des Municipalités depuis un siècle pour la création, puis l'amélioration du Service. A cet égard, les modifications réalisées dernièrement marquent un progrès important.

2. Nous nous sommes attaché à étudier la nature géologique du département de l'Indre, de la région de Châteauroux et des terrains où sourdent les quatre sources étudiées.

3. Nous avons rassemblé les examens, tant chimiques que bactériologiques, pratiqués antérieurement sur les eaux de Châteauroux.

4. A l'aide de méthodes éprouvées et toujours contrôlées, nous avons déterminé la minéralisation de quatre sources, dont deux captées pour l'alimentation de la ville.

Nous avons utilisé autant que possible des méthodes permettant d'opérer sur des prises d'essai très réduites. Certaines d'entre elles ont été précisées ou modifiées dans leur technique pour leur application à l'analyse d'une eau.

Il nous a été permis, au cours de ce travail, de faire une remarque intéressante concernant le dosage des ions Ca^{++} ,

Mg^{++} , Co_3^{--} et la détermination de l'extrait dans des eaux bicarbonatées calciques.

Il ressort de cette étude que les deux sources *Boiry* et des *Religieuses* présentent une minéralisation très voisine. Cependant la présence d'arsenic, une plus forte teneur en ions chlore et phosphorique caractérisent *Boiry*, tandis que la fontaine des *Religieuses* se différencie par la plus forte proportion de ions magnésium, fluor et sulfurique.

La source du *Montet* est moins minéralisée que le groupe précédent. Ses eaux sont fortement carbonatées.

La minéralisation de la source de *Fonts* est nettement supérieure à celle des trois autres. Les ions magnésium, potassium, fer et silicique y sont particulièrement faibles.

Ces écarts de minéralisation s'accordent avec l'espacement topographique des sources.

5. Pendant un an, nous avons suivi, par des dosages mensuels, les variations des principaux ions de chaque source.

La source du *Montet* s'est avérée la plus constante, celle des *Religieuses* présentant les variations de plus forte amplitude.

Au reste, les points extrêmes de concentration ont été atteints par les quatre sources à peu près à la même époque.

De l'examen comparatif des résultats obtenus et des chutes météoriques nous avons cru pouvoir déduire l'existence d'une masse d'eau souterraine, probablement considérable, faisant office de régulateur et s'opposant aux variations soudaines.

6. Les analyses bactériologiques ont établi la pollution des sources *Boiry* et des *Religieuses*, pollution parfois redoutable (germes frais), mais dont le danger est écarté pour les usagers grâce aux appareils d'épuration installés à l'usine des Eaux.

Si la qualité des eaux du *Montet* laisse à désirer au point de vue bactériologique, leur pollution paraît plutôt accidentelle, et, en tout cas, moins accentuée que celle du groupe *Boiry-Religieuses*.

L'eau de *Fonts* s'est révélée bactériologiquement la meil-

leure, et cela malgré l'état d'abandon où sont demeurés les travaux entrepris par la Ville.

7. Les examens, aussi bien chimiques que bactériologiques, effectués sur les eaux de *l'Indre* ont fait apparaître une séparation nette entre ces eaux et celles des sources, séparation que faisait d'ailleurs prévoir l'étude géologique.

Au point de vue bactériologique, le nombre des bacilles coli, quoique considérable, ne dépasse pas celui rencontré d'ordinaire, dans les rivières et dans les mêmes conditions.

Les eaux de source utilisées par la ville de Châteauroux, eaux essentiellement bicarbonatées calcaïques, faiblement sodiques et magnésiennes, présentent une minéralisation et des caractères chimiques qui les classent dans les eaux potables. Leur mauvaise qualité bactériologique a pu être corrigée, après une longue série d'efforts, avant qu'elles soient livrées à la consommation.

Deux autres sources importantes, *le Montet* et *Fonts*, quoique se rapprochant, par leur composition chimique, de celles utilisées, présentent des avantages appréciables : constance plus grande (surtout pour la source du *Montet*) et qualité bactériologique supérieure.

A l'heure où le débit des sources utilisées est un sujet d'inquiétudes pour les hommes chargés de faire face à une consommation d'eau qui augmente sans cesse, il est permis de penser que la Ville pourra se tourner avec intérêt vers les fontaines du *Montet* et de *Fonts* pour fournir l'appoint nécessaire. Si leur débit apparaît faible (en particulier celui des venues d'eau mises à jour à *Fonts*), la présence d'une nappe souterraine importante semble pourtant autoriser l'espoir de doter Châteauroux d'un service assurant à tous une eau saine et abondante.

BIBLIOGRAPHIE

*Les abréviations sont celles adoptées
par le Bulletin de la Société Chimique de France.*

- [1] BESSON (A.). Technique microbiologique et sérologique. 7^e éd. 1924, pp. 774 et suivantes.
- [2] BILLMANN (E.). *Z. anal. Chem.*, 1900, **39**, 284.
- [3] BLANCHETIÈRE (A.) et PIRLOT. *C. R. Soc. Biol.*, 1929, **101**, 858.
- [4] CHAMOT et PRATT. Etude de la méthode à l'acide disulfonique pour déterminer les nitrates dans l'eau. *J. amer. chem. Soc.*, 1909, **31**, 922 ; 1910, **32**, 630.
- [5] CHARONNAT et M^{lle} ROCHE. *C. R.*, 1934, **199**, 1325.
- [6] DE LAPPARENT (A.). *Traité de Géologie*, 1883, p. 826.
- [7] DIÉNERT et WANDENBULKE. *Bull. Soc. Chim. France*, 1923, **33**, 1131.
- [8] DOPTER et SACQUÉPÉE. *Précis de Bactériologie*. 4^e éd., 1933, p. 1486.
- [9] DUPLAN (C.). Les aspects naturels et les sols de l'Indre.
- [10] DUPLAN (C.). *Revue du Berry et du Centre*, 1932, 1, 12.
- [11] FLORENTIN (D.), *Ann. Chim. anal.*, 1921 (II), **3**, 295.
- [12] FRANÇOIS (M.). *Manip. de Chimie appliquée*, 3^e éd., 1931, pp. 219 et suiv.
- [13] GAUTIER (A.) et CLAUSMANN. *Bull. Soc. Chim. France*, 1912, **11**, 872.
- [14] GUILLAUMIN (O.). Etude du calcium sanguin. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1930, **12**, 1269 ; 1932, **14**, 85.
- [15] GUILLAUMIN (O.). *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1932, **14**, 135.
- [16] GUILLERD (A.). *Notions d'Hydrologie appliquée à l'Hygiène. Bactériologie des Eaux*, 1923.
- [17] KAHANE (E.). Dosage du sodium. *Bull. Soc. Chim. France*, 1928, **43**, 425.
- [18] KAHANE (E.). *Bull. Soc. Chim. France*, 1930, **47**, 399.

- [19] LÉONARDON (M.). Dosage de l'arsenic dans les Eaux Minérales. Thèse Doct. Pharmacie. Paris, 1924.
- [20] LÉVY (J.) et PACU (M.). (M^{lles}). *C. R. Soc. Biol.*, 1931, **107**, 661.
- [21] MARTIN et PIEN. *Bull. Soc. Chim. France*, 1930, **47**, 646.
- [22] MAZLOUM. Les eaux minérales de Contrexéville. Thèse Doct. Pharmacie. Paris, 1932.
- [23] POUCHET et BONJEAN. Contribution à l'étude des eaux potables. Etude de la matière organique des eaux potables. *Ann. d'Hygiène publique et de Médecine légale*, 1897.
- [24] RABATÉ (P.). Le Berry Géologique, Climatologique et Economique, 1926.
- [25] REDFIELD. *J. amer. chem. Soc.*, 1911, **33**, 366 et 381.
- [26] STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND SEWAGE, 7^e éd., 1933, p. 20.
- [27] STANDARD METHODS OF WATER ANALYSIS, 7^e éd., 1933, New York American public Health Association.
- [28] TOUPLAIN. Analyse générale des Eaux, 1922.
- [29] TREADWELL (F.-P.). (trad. M. BOLL). Analyse quantitative, 3^e éd. Dosage du calcium, pp. 77 et 80.
- [30] WELSCH. Archives Municipales de Châteauroux. Rapports du 22 janvier 1922 et du 19 mai 1928.

Vu :

Paris, le 17 Novembre 1937.

Le Doyen de la Faculté,

PAUL GUÉRIN.

Vu et permis d'imprimer :

Le recteur de l'Académie de Paris

G. ROUSSY.

